



**Sara Maria Machado
Cardoso**

**Implementação de ações de melhoria contínua
numa empresa de fabrico de produtos eletrónicos**



**Sara Maria Machado
Cardoso**

**Implementação de ações de melhoria contínua numa
empresa de fabrico de produtos eletrónicos**

Relatório de projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Professora Doutora Ana Raquel Reis Couto Xambre, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho à minha família pelo apoio incansável, em especial à minha mãe que me deu todas as oportunidades, me ajudou de inúmeras maneiras ao longo da vida e que sempre esteve disponível.

o júri

presidente

Professora Doutora Leonor da Conceição Teixeira

Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da
Universidade de Aveiro

Professor Doutor José Fernando da Costa Oliveira

Professor Catedrático do Departamento de Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de
Engenharia da Universidade do Porto

Professora Doutora Ana Raquel Reis Couto Xambre

Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da
Universidade de Aveiro

agradecimentos

Quero agradecer à empresa Preh Portugal, em particular ao Engº Filipe Arantes pela oportunidade que me deu de desenvolver este projeto, por todas as responsabilidades que me atribuiu e pela confiança que depositou em mim. Quero agradecer também ao Engº Francisco Cocco pelos conhecimentos transmitidos, os quais foram essenciais ao desenvolvimento deste trabalho. A ambos agradeço o apoio e espírito de equipa. Quero agradecer também a todos aqueles que colaboraram e contribuíram para que a realização deste projeto fosse possível.

Agradeço à minha orientadora na Universidade de Aveiro, Professora Doutora Ana Raquel Xambre, que foi essencial para o desenvolvimento de todo este projecto e que me apoiou em todas as fases.

Agradeço a todos os meus amigos, que me acompanharam ao longo deste últimos anos, os momentos passados e a forma como sempre me apoiaram e me fizeram crescer.

Por último, quero agradecer aos meus pais por me darem esta oportunidade, por todo o apoio que me prestaram e todo o incentivo que me deram. Ao meu irmão por ser o meu exemplo, por todos os conselhos e por todo o apoio que sempre me deu ao longo de toda a vida.

palavras-chave

Kaizen, Pull flow, Kanban, Layout

resumo

O projeto desenvolvido teve como principal objetivo a implementação de ações de melhoria contínua numa empresa da indústria automóvel. A indústria automóvel insere-se num ambiente muito exigente e desenvolvido o que o torna, naturalmente, num ambiente muito competitivo. A crescente concorrência mundial e a revolução da tecnologia da informação acabaram por se tornar grandes desafios e, neste contexto, cada vez mais empresas e indivíduos veem a filosofia *kaizen* como sendo a solução. Esta filosofia implica melhoria contínua por todos, em todos os lugares e todos os dias.

No sentido de melhorar o desempenho do setor produtivo da empresa onde foi desenvolvido este trabalho, foram propostas várias ações de melhoria contínua tais como: (i) a implementação de um sistema *kanban* para tornar mais ágil o processo de funcionamento da linha; (ii) uma alteração de *layout* com a criação de um armazenamento vertical para linhas que não trabalham de forma continuada; e (iii) um programa para facilitar a análise de defeitos de alguns produtos e consequentemente melhorar a qualidade dos mesmos. O presente relatório descreve essas ações e, quando possível, o impacto das mesmas no desempenho do sistema.

keywords

Kaizen, Pull flow, *Kanban*, Layout,

abstract

This project's main purpose is to implement continuous improvement actions in an automotive industry company.

The automotive industry is part of a very demanding and developed environment which makes it, naturally, a very competitive environment. The ever-increasing global competition and the information technology revolution have resulted in major challenges and, in this context, more and more business and individuals look at the *kaizen* philosophy as the solution. This philosophy implies a continuous improvement by everyone, everywhere and every day.

To improve the performance of the company's production several continuous improvement actions were proposed, such as: (i) the implementation of a *kanban* system to make the line working process more agile, (ii) a layout change with the creation of vertical storage for lines that do not work continuously; and (iii) a program to facilitate the analysis of defects of some products and consequently improve their quality. The current report describes those action and, when possible, their impact on the system's performance.

ÍNDICE

Índice	i
Índice de figuras	iii
Índice de tabelas.....	vii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento do projecto.....	1
1.2. Caracterização sumária do projeto	2
1.3. Metodologia	3
1.4. Principais objetivos do projeto	4
2. Enquadramento teórico	5
2.1. <i>Kaizen</i>	5
2.2. Princípios <i>Kaizen</i>	7
2.2.1. Qualidade	7
2.2.2. Orientação <i>Gemba</i>	8
2.2.3. Eliminação dos desperdícios.....	9
2.2.4. Desenvolvimento do pessoal	11
2.2.5. <i>Standards</i> visuais	11
2.2.6. Processos e resultados	12
2.2.7. Pensamento de fluxo puxado	12
2.3. Produção puxada “pull flow”	13
2.4. O Sistema <i>kanban</i>	14
2.5. Fluxo Produtivo <i>lean</i>	17
2.5.1. <i>Layout</i>	18
2.5.2. Bordo de linha.....	18

2.5.3. Trabalho <i>standard</i>	19
2.5.4. <i>Single-Minute Exchange of Dies</i> – SMED	19
2.5.5. Automatização de baixo custo	20
3. Caso prático	21
3.1. Apresentação da empresa Preh Portugal, Lda	21
3.2. <i>Kanban</i> laser universal	23
3.3. Armazenamento vertical	36
3.4. Análise de defeitos	47
4. Conclusões	61
Referências bibliográficas.....	63
Anexos	65
Anexo 1 – Código de programação Estatística	67
Anexo 2 – Código de programação do EOL 3	71

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESQUEMA TIPOS DE CICLOS KANBAN (FONTE: COIMBRA, 2013)	16
FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DA PREH NO MUNDO (FONTE: PREH PORTUGAL, 2015)	21
FIGURA 3 - PREH PORTUGAL, LDA (FONTE: PREH PORTUGAL, 2015)	22
FIGURA 4 - ALGUNS PRODUTOS PRODUZIDOS NA PREH PORTUGAL, LDA (FONTE: PREH PORTUGAL, 2015)	23
FIGURA 5 - ESQUEMA DE ORGANIZAÇÃO DO BORDO DE LINHA KANBAN	34
FIGURA 6 - EXEMPLO DE ETIQUETAS DE IDENTIFICAÇÃO DO BORDO DE LINHA KANBAN	35
FIGURA 7 - ESQUEMA DO TAMPO DE MESA E DA BASE DE TAMPOS	37
FIGURA 8 - EQUIPAMENTO 1013050	38
FIGURA 9 - EQUIPAMENTO 1001132	38
FIGURA 10 - EQUIPAMENTO 1002564 (PRENSA MANUAL)	38
FIGURA 11 - DISPOSITIVOS DE SOLDA	38
FIGURA 12 - EQUIPAMENTO 1003490 (DISPOSITIVO DE TESTE)	38
FIGURA 13 - EQUIPAMENTO 1001131	38
FIGURA 14 - EQUIPAMENTO 1015977 (APARAFUSADORA)	38
FIGURA 15 - EQUIPAMENTO 1003488 (DISPOSITIVO DE TESTE)	38
FIGURA 16 - DISPOSITIVO DE CORTE	39
FIGURA 17 - EQUIPAMENTO 01900933	39
FIGURA 18 - EQUIPAMENTO 1010414	39
FIGURA 19 - EQUIPAMENTO 1010492	39
FIGURA 20 - EQUIPAMENTO 1010567	39
FIGURA 21 - BASE AUXILIAR	39
FIGURA 22 – DISPOSITIVO DE TESTE	39

FIGURA 23 - EQUIPAMENTO 1013165	40
FIGURA 24 - EQUIPAMENTO 1013166	40
FIGURA 25- EQUIPAMENTO 1013165	40
FIGURA 26 - EQUIPAMENTO 1006906	40
FIGURA 27 - EQUIPAMENTO 1011891	40
FIGURA 28 - EQUIPAMENTO 320070	40
FIGURA 29 - EQUIPAMENTO 1011893	40
FIGURA 30 - EQUIPAMENTO 1010505	40
FIGURA 31 - EQUIPAMENTO 1010504	40
FIGURA 32 - EQUIPAMENTO 1010325	40
FIGURA 33 - DISPOSITIVO DE TESTE	40
FIGURA 34 - EQUIPAMENTO 320143, EQUIPAMENTO 320144, EQUIPAMENTO 340247	41
FIGURA 35 - EQUIPAMENTO 520079	41
FIGURA 36 - EQUIPAMENTO 1020113	41
FIGURA 37 - EQUIPAMENTO 1021351 E EQUIPAMENTO 1021348	41
FIGURA 38 - EQUIPAMENTO 1020075 (APARAFUSADORA E ALIMENTADOR DE PARAFUSOS)	41
FIGURA 39 - EQUIPAMENTO 1020072	41
FIGURA 40 - EQUIPAMENTO 1022057	41
FIGURA 41 - EQUIPAMENTO 1026192	41
FIGURA 42 - EQUIPAMENTO 1020928	42
FIGURA 43 - EQUIPAMENTO 1020516	42
FIGURA 44 - EQUIPAMENTO 1018933	42
FIGURA 45 - EQUIPAMENTO 1000795	42
FIGURA 46 - APARAFUSADORA 1019493 E DISPENSADOR DE PARAFUSOS	42
FIGURA 47 - EQUIPAMENTO 1026189	42
FIGURA 48 - EQUIPAMENTO 8700353	42

FIGURA 49 - EQUIPAMENTO 1020931	42
FIGURA 50 - EQUIPAMENTO 1019214	42
FIGURA 51 - EQUIPAMENTO 1020518	42
FIGURA 52 - <i>LAYOUT</i> DA SITUAÇÃO ATUAL	43
FIGURA 53 - LINHAS QUE DEVEM SER TRANSFERIDAS	44
FIGURA 54 - LINHAS DE PRODUTOS ANTIGOS DA BMW E LINHAS DA ÁREA 10.....	45
FIGURA 55 - REPRESENTAÇÃO DA ÁREA OCUPADA PELOS DISPOSITIVOS DE TESTE NAS LINHAS ANTIGAS.....	46
FIGURA 56 - ASPETO DO PROGRAMA DA ESTATÍSTICA DE DEFEITOS.....	50
FIGURA 57 -PÁGINA INICIAL EOL1.....	52
FIGURA 58 -PÁGINA INICIAL EOL 2.....	52
FIGURA 59 -PÁGINA INICIAL EOL 3.....	52
FIGURA 60 -PÁGINA INICIAL EOL 4.....	52
FIGURA 61 -PÁGINA INICIAL EOL 5.....	52
FIGURA 62 -PÁGINA INICIAL EOL 6.....	52
FIGURA 63 -PÁGINA INICIAL EOL 7.....	52
FIGURA 64 - CABEÇALHO DE TABELA DE CADA EOL	52
FIGURA 65 - SELECIONAR E EXECUTAR MACRO EOL 3.....	53
FIGURA 66 - DADOS EOL 3 SEM TRATAMENTO	53
FIGURA 67 - DADOS EOL 3 TRATADOS	53
FIGURA 68- DIAGRAMA DE PARETO DOS ERROS OCORRIDOS NO EOL 3	54
FIGURA 69 - DIAGRAMA DE PARETO DOS ERROS DE TORQUE QUE OCORRERAM NO EOL 3	56
FIGURA 70 - DISTRIBUIÇÃO DOS ERROS PEAKS AVERAGE	56

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - CADÊNCIA DE PRODUÇÃO	24
TABELA 2 - TABULEIROS DE PINTURA ABASTECIDOS PELO COMBOIO LOGÍSTICO	25
TABELA 3 - KITS DE TECLAS ABASTECIDOS EM CAIXAS	26
TABELA 4 - TECLAS EM TABULEIROS QUE NÃO SÃO ABASTECIDOS POR COMBOIO LOGÍSTICO	26
TABELA 5 - PEÇA FINAL.....	26
TABELA 6 - CADÊNCIA DE FORNECIMENTO.....	28
TABELA 7 - PROCURA	28
TABELA 8 – SNP	29
TABELA 9 – TEMPOS (MIN.).....	29
TABELA 10 - FÓRMULAS PARA DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA <i>KANBAN</i>	30
TABELA 11 - CÁLCULOS <i>KANBAN</i>	31
TABELA 12 - ALTERAÇÃO DE <i>LAYOUT</i> PARA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA <i>KANBAN</i>	32
TABELA 13 - DADOS EOL NO FORMATO ORIGINAL.....	52
TABELA 14 - CONTAGEM DE DEFEITOS EOL 3	54
TABELA 15 - DISCRIMINAÇÃO DOS ERROS DE TORQUE QUE OCORRERAM NO EOL 3	55
TABELA 16 - RESUMO DOS ERROS DE TORQUE QUE OCORRERAM NO EOL 3	55

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO DO PROJECTO

A empresa em estudo - Preh Portugal, Lda – é uma empresa de fabrico de produtos eletrónicos para a indústria automóvel. A indústria automóvel é uma indústria claramente globalizada, com uma cadeia de valor muito complexa mas também muito desenvolvida, tanto do ponto de vista organizacional como tecnológico. A União Europeia é um dos maiores produtores de veículos a motor do mundo e, por isso, a indústria automóvel é essencial para a prosperidade da Europa. No entanto, atualmente, as empresas inserem-se num mercado global, muito competitivo, não sendo a única ameaça as empresas concorrentes do mesmo país.

A indústria automóvel é uma indústria altamente competitiva e está sujeita a mudanças de estratégia, tanto nas fábricas de construção de veículos como na estrutura dos fornecedores, tendo em conta o país onde se localiza. Uma empresa neste contexto, para conseguir destaque no mercado global, deve adotar uma filosofia de melhoria contínua em toda a empresa desde as chefias até ao chão de fábrica. O *kaizen* deve estar presente em todos os lugares, todos os dias e em toda a gente. O investimento no *kaizen* deve-se ao facto de as empresas terem vindo a aperceber-se que, por se inserirem num ambiente competitivo, ao adotarem uma filosofia de melhoria contínua, os resultados obtidos são melhorados ao nível de eficácia, eficiência, retorno e qualidade.

A melhoria contínua surge, num cenário de mudanças constantes em que as empresas são obrigadas a lutar acima de tudo pela sobrevivência, associada à competitividade e à agilidade tecnológica.

Com o presente trabalho pretendeu-se desenvolver uma série de ações de melhoria contínua que contribuíssem claramente para a melhoria do desempenho da Preh Portugal, Lda.

1.2. CARACTERIZAÇÃO PROJETO

SUMÁRIA DO

O projeto que se apresenta neste relatório consistiu na implementação de ações de melhoria contínua e foi desenvolvido na empresa Preh Portugal, Lda, localizada na Trofa, que tem como atividade principal o fabrico de produtos eletrónicos para a indústria automóvel.

No projeto de melhoria contínua inseriam-se, fundamentalmente, três áreas de intervenção: (i) a implementação de um sistema *kanban* para a linha laser universal, (ii) a remodelação de linhas antigas e (iii) a criação de ficheiros que facilitassem a análise de defeitos.

A primeira parte do projeto incluiu a implementação de um sistema *kanban* para linha laser universal e foi desenvolvido na área da produção. Para este trabalho foi necessária a aprovação do diretor da produção para um investimento em dois bordos de linha e, no mesmo sentido, foi necessário o envolvimento de uma empresa externa fornecedora. O desenvolvimento deste trabalho teve a duração de aproximadamente três meses.

A segunda parte do projeto consistiu no desenvolvimento de um trabalho de remodelação de linhas antigas que não trabalham de forma continuada. Havia a necessidade de libertar área ocupada e surgiu a ideia de criar o conceito de “Armazenamento vertical” onde as linhas de produção, fossem armazenadas em estantes, verticalmente. Incluiu-se neste projeto linhas que não trabalham de forma continuada, que por sua vez são compostas por dispositivos pequenos e simples sendo a maioria deles prensas manuais. Estes dispositivos ficam fixos a um tampo de mesa e a linha é deslocada da estante para a base de tampos apenas quando é planeado o seu funcionamento e conforme as necessidades.

Foi desenvolvido também, com a ajuda do Excel, um documento que facilitasse a análise de defeitos das linhas do Cliente “S”¹. Através dos dados dos erros registados pelo teste final de cada linha, é possível filtrar e ordenar de forma que a sua análise seja mais clara e intuitiva. Nas linhas do Cliente “S”, os testes finais são dispositivos de prato rotativo e cada estação do dispositivo testa parâmetros diferentes da peça final.

¹ Utiliza-se a designação Cliente “S” por uma questão de confidencialidade.

1.3. METODOLOGIA

Em primeiro lugar foi feita uma recolha dos dados relativos à produção através do sistema de informação da empresa. Adicionalmente recorreu-se a observação direta do sector produtivo como forma de enriquecer essa informação.

Simultaneamente, foi feita uma pesquisa bibliográfica passível de ser utilizada como enquadramento teórico para a elaboração do projeto tendo essa pesquisa sido desenvolvida ao longo da elaboração de todo o projeto.

Os cálculos do *kanban* foi uma etapa muito importante e que requereu muito cuidado. Foi necessário decidir o tipo de *kanban* que se pretendia ver implementado e fazer um estudo do *layout* ideal para essa implementação, bem como os materiais que seriam necessários para a sua implementação. Foi ainda necessário definir o número de operadores, as tarefas a desempenhar e os planos de contingência no caso de um equipamento avariar.

Por último, implementou-se o sistema *kanban* e as alterações necessárias para que funcione adequadamente e avaliou-se o desempenho do sistema após a introdução das modificações propostas.

Para o projeto “Armazenamento vertical” foi primeiramente feito um estudo de todas as linhas. Era essencial, numa primeira fase, identificar todos os dispositivos que constituem as linhas. Seguidamente foi feito um estudo que incluía a análise da quantidade de dispositivos em cada linha e as suas dimensões. Conforme o processo produtivo, foi planeada a disposição da linha tendo em conta fatores como a sequência do processo produtivo, a ergonomia, entre outros.

Para a análise de defeitos nos produtos do Cliente “S” foram utilizadas macros no Excel. Uma macro consiste na sequência de comandos e funções armazenados em módulo de VBA (*Visual Basic for Application*). As macros são programações que permitem automatizar tarefas. As tarefas realizadas nestes programas de análise de erro consistem na compactação e organização dos dados para que estes se tornem em informação útil para o utilizador.

1.4. PRINCIPAIS OBJETIVOS DO PROJETO

A melhoria contínua envolve um conjunto de ações que visam o sucesso tanto das organizações como dos indivíduos. Este melhoramento diário visa eliminar todas as atividades que não acrescentam valor a um processo sendo uma filosofia que envolve um grau de disciplina e compromisso muito elevado.

O projeto de implementação do sistema *kanban* teve como objetivo melhorar a utilização da capacidade das linhas produtivas assim como a redução do nível de existências de produtos intermédios e finais. Pretendeu-se alcançar um melhor nível de organização e combater a dificuldade existente em determinar as quantidades a produzir, quando eram necessárias, qual o sequenciamento das mesmas, entre outros. Pretendia-se que esta informação ficasse visualmente presente em cada linha. Para alcançar estes objetivos, foi estudado todo o funcionamento das linhas de montagem, tendo como referência o *layout*, o número de postos de trabalho, o número de turnos em funcionamento, a distribuição equilibrada das funções, entre outros fatores. Após esta análise, que permitiu uma adequada perceção do funcionamento das linhas, procurou-se definir e estudar diferentes configurações alternativas para as linhas, estudar os materiais necessários para a implementação e por fim dar formação aos trabalhadores.

O projeto “Armazenamento vertical” teve como objetivo a libertação de áreas necessárias para a criação de linhas de montagem de novos produtos. Antes da aprovação foi feito um estudo de qual seria a área ganha com a implementação deste projeto e, assim, foi possível libertar 90m² destinados à linha Sony B479, que chegará à Preh Portugal em Setembro. As linhas que foram deslocadas passaram a pertencer a uma outra área que teve que ser remodelada.

A criação de um ficheiro para análise de defeitos veio permitir que fosse atingido um maior nível de qualidade, mais rapidamente. Esta análise é feita às peças rejeitadas pelo teste final da linha de montagem e é o primeiro passo para que possa ser detetada a causa do erro e para que possam ser resolvidos os problemas. Os dados de erro são transformados em informação para que esta possa ser facilmente analisada e tornar-se útil para a resolução de problemas.

Sabendo quais são os objetivos do projeto e a metodologia utilizada para o realizar, foi necessário fazer um enquadramento teórico onde esta presente toda a informação recolhida e tratada relacionadas com o tema do projeto.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

O projeto realizado teve como base a melhoria contínua ou *kaizen*. Nesse sentido, houve a necessidade de clarificar este conceito, perceber do que se trata o *kaizen*, a sua origem e os conceitos com ele relacionado. Da decomposição da palavra *kaizen* verifica-se que “kai” significa mudança e “zen” significa bom ou melhor, ou seja *kaizen* significa “mudar para melhor” que por sua vez, se for feito continuamente, é sinónimo de “melhoria contínua”. Dentro do projeto incluem-se a implementação de um sistema *kanban*, uma remodelação de linhas antigas, e um ficheiro de apoio na análise de defeitos. No enquadramento teórico, foram abordados temas que de alguma forma se relacionam com os trabalhos realizados no projeto.

2.1. KAIZEN

O projeto desenvolvido na empresa teve como base a implementação de ações de melhoria contínua também conhecida por *kaizen*. Este é um dos conceitos que, atualmente, tem sido implementado por mais pessoas e por mais organizações em todo o mundo. A crescente competitividade global e a evolução das tecnologias da informação acabaram por se tornar desafios e tanto as empresas como as pessoas vêm os princípios da melhoria contínua como uma oportunidade para melhorarem o desempenho das organizações.

Os princípios *kaizen* surgem no Japão, logo após a segunda guerra mundial, no sentido de melhorar a competitividade económica deste em relação à Alemanha e aos Estados Unidos da América. O seu objetivo era elevar a indústria automóvel japonesa ao sucesso. O espírito *kaizen* está por detrás de grandes desenvolvimentos revolucionários, como os de Taiichi Ohno na Toyota que desenvolveu um novo meio de organização da produção e logística – o *Toyota Production System* (TPS) também conhecido como *Lean production* que tem por base a redução dos desperdícios criando um fluxo de materiais e informação.

No entanto este conceito nem sempre foi bem percebido pelas empresas ocidentais e, conseqüentemente, não foi bem estabelecido e implementado, principalmente devido à resistência à mudança das pessoas. Cada pessoa reage a um evento de acordo com os paradigmas pessoais que adotou logo, por norma, as pessoas que têm mais dificuldade em mudar os seus hábitos têm mais dificuldade em adotar o *kaizen*. Elas acreditam que já sabem tudo o que têm que saber e acham difícil aceitar novas ideias. Este tipo de pessoa vive sob paradigmas inflexíveis não estando abertas à mudança.

A filosofia *kaizen* pretende que haja melhoria por todos mas também em todos os lugares e todos os dias. Os princípios *kaizen*, baseados num paradigma de fluxo puxado (*pull flow*), foi desenvolvido pela *Toyota Motor Corporation* (TMC) e aplicado em todas as suas cadeias de abastecimento. Criar um fluxo significa criar um movimento tanto de material como de informação numa cadeia de abastecimento. Este movimento de material e informação deve ser conduzido pelas ordens do cliente, isto é, pelo consumo do cliente. A este fluxo de material e informação chama-se o fluxo puxado pois é o cliente que dita o ritmo, consoante o seu consumo. Isto significa que, numa cadeia de abastecimento, o movimento de materiais e de informação começa com o consumidor. O cliente compra (puxa) produtos (materiais) das lojas de retalho, as lojas de retalho puxam os produtos dos centros de distribuição, os centros de distribuição puxam os produtos das fábricas, e as fábricas puxam os produtos dos seus fornecedores. Esta é uma descrição simplificada da cadeia de abastecimento sendo que, provavelmente, esta poderá ser algo mais complexa e conter mais elementos na sua composição.

Este foi o sistema desenvolvido pela Toyota e aplicado nas cadeias de abastecimento começando pela indústria automóvel, isto é, tanto na fábrica de produção de carros como indo para trás para os fornecedores de peças. Um sistema cujos princípios se baseiam no fluxo puxado e tem uma forte ligação com o *kaizen* todos os dias, em todo o lado, por todos na cadeia de abastecimento.

Para pôr em prática um sistema destes, as empresas precisam desenvolver um compromisso de ligação muito forte com os princípios *kaizen* (Coimbra, 2013).

2.2. PRINCÍPIOS *KAIZEN*

A filosofia kaizen assenta num conjunto de princípios, nomeadamente:

1. Qualidade
2. Orientação *Gemba*
3. Eliminação de desperdícios
4. Desenvolvimento do pessoal
5. *Standards*
6. Processos e resultados
7. Pensamento de fluxo puxado (Coimbra, 2013)

Nos pontos seguintes procurar-se-á fazer uma breve descrição desses pontos.

2.2.1. Qualidade

No fim da década de 70, inícios de 80, a maior parte das empresas foi-se apercebendo da necessidade de fornecer aos seus clientes produtos com qualidade, dado que estes assim o exigiam. Estas exigências levaram a uma mudança de mentalidade, levando a que os colaboradores das empresas tivessem a perceção de que a qualidade do produto é um património inerente à existência do mesmo. Esta mudança obrigou as empresas a iniciar um processo longo de uniformização de processos, análise de problemas, implementação de procedimentos, etc. A filosofia “produção com qualidade” é, neste momento, para a maioria das empresas, um facto consolidado. Neste sentido, a qualidade é um princípio muito importante, uma crença básica em termos de *kaizen*. O movimento da qualidade liderado pelos gurus Crosby, Deming, Juran, Ishikawa, entre outros, levou a que a qualidade se tenha tornado um dos mais importantes fatores no *kaizen*. Esta crença é apoiada em três conceitos:

- Envolver o mercado
- A operação seguinte é o cliente
- Melhoria ascendente (Coimbra, 2013)

O princípio que se prende em envolver o mercado no desenvolvimento do produto (por oposição a empurrar o produto para o cliente) define que é possível e necessário usar dados e factos reais para perceber as vontades e necessidades dos clientes. O princípio de que a próxima operação é o cliente também é muito importante porque transforma a empresa numa cadeia de fornecedores e de clientes, sendo que, cada fornecedor deve fazer o seu trabalho e entregar zero defeitos ao cliente. Melhoria ascendente traduz-se na ideia de que a causa de cada problema ou defeito encontra-se em algum ponto anterior no processo. Para realmente encontrar a causa raiz de um problema no processo tem que se analisar todos os pontos anteriores, isto é, no sentido ascendente até à "nascente" do problema (Coimbra, 2013).

Qualidade é uma das crenças mais veneradas pelo *kaizen* e sendo aceite quase universalmente.

2.2.2. Orientação *Gemba*

Gemba significa o local onde as coisas acontecem, o chão de fábrica, o local onde se fazem as melhorias. A orientação baseia-se na filosofia "vai para o *Gemba* e muda os hábitos de trabalho das pessoas para melhor". Existem duas maneiras de mudar esses hábitos: imediatamente alterar o *layout* para que as pessoas tenham que trabalhar de maneira diferente; ou mudar *standards* de trabalho e treinar as pessoas a seguir estes novos standards até que se torne um hábito - na verdade acaba por se tornar um novo paradigma de trabalho.

A orientação *Gemba* é também a crença de que "a realidade é mais estranha que a ficção". Isto significa que aquilo que pensamos que está a acontecer no *Gemba* é normalmente um bocado diferente daquilo que realmente está a acontecer. Assim, Taichi Ohno, considerado o criador do Sistema de Produção Toyota, dizia: "People's ideas are unreliable things and I would be impressed if we were right even half of the time. Very often, after we try, we find that results are completely opposite to what we expected and this is because having misconceptions is part of what it means to be human" (Ohno 1988) ("As ideias das pessoas são coisas pouco fiáveis e eu ficaria impressionado se tivéssemos razão nem que fosse metade das vezes. Muitas vezes, depois de tentarmos, verificámos que os resultados são completamente o oposto daquilo que se esperava e isso é porque errar é parte do que significa ser humano").

As atitudes *Gemba* são muito importantes e devem ser seguidas. Assim, é fundamental:

- Ir ao *Gemba*, o lugar real onde as coisas acontecem
- Observar a realidade cuidadosamente
- Controlar o *gembutsu* (as coisas reais, os elementos da realidade, tais como ferramentas, materiais e informação)
- Falar com base em dados observados e validados

A orientação *Gemba* também significa “se deseja ver, aprende a agir”. Noutras palavras “se queres realmente perceber uma nova ideia sem equívocos, a melhor maneira de o fazeres é ir tentando e praticando por forma a aprender autonomamente”. Se o processo de aprendizagem pelo qual se deve passar ao pôr em prática uma ideia for feito autonomamente, o conhecimento adquirido vai acabar por se tornar numa compreensão muito mais profunda (Coimbra, 2013).

2.2.3. Eliminação dos desperdícios

A eliminação dos desperdícios é um dos principais princípios relacionados com o *kaizen*. O *kaizen* define sete formas de desperdício e visa a sua eliminação como sendo o caminho para se alcançar excelência e se tornar competitivo. Os sete desperdícios incluem:

1. Defeitos
2. Pessoas paradas à espera
3. Movimentos de pessoas
4. Demasiado processamento
5. Material parado à espera
6. Movimentos de material
7. Produção em excesso (Coimbra, 2013)

Quando se fala em *kaizen* associa-se os sete tipos de desperdícios ao conceito dos três Ms: *muda*, *mura* e *muri*. *Muda* significa “desperdício”; *Mura* significa “variabilidade” e *Muri* significa “Sobrecarga”. O conceito *Mura* representa a falta de

estabilidade e confiança bem como as variações não expectáveis que ocorrem de momento para momento. O conceito *Muri* baseia-se nas perdas de tempo e de energia. Por exemplo, se um posto de trabalho não for ergonómico e exigir que o trabalhador tenha que se curvar e alcançar objetos a distâncias maiores que o necessário, estes movimentos constituem um desperdício de tempo, assim como um desperdício de energia para o trabalhador, com o risco acrescido de lesão.

Nos dias que correm verifica-se que as pessoas têm mais facilidade em compreender a existência dos primeiros 4 tipos de desperdícios, já os consideram indiscutíveis e concordam quando se afirma que devem ser melhorados. No entanto, a eliminação dos últimos três tipos de desperdícios também tem o seu valor (Coimbra, 2013).

Muda 5 - Material parado à espera

Material parado é mais conhecido por *stock* ou inventário. O que acontece é que, enquanto o material está parado nada está a acontecer, o material não está a ser transformado e não está a ser adicionado valor. Por norma as pessoas têm dificuldade em aceitar isto como um desperdício porque sempre viram o *stock* de material como tendo sido feito com um propósito. No entanto, verifica-se que o processo de transformação pode chegar ao final com menos inventário (Coimbra, 2013).

Muda 6 - Movimentos de material

Os movimentos de material são também conhecidos como transporte e também nesta operação não é acrescentado valor porque não ocorre nenhum tipo de transformação. Alguns tipos de transporte são considerados desperdícios e as pessoas não têm dificuldade em aceitar isso, no entanto, levar as pessoas a acreditar que todo o transporte é um desperdício é difícil. As pessoas tendem a acreditar que o número de situações onde o movimento é claramente um desperdício é menor que o número de situações onde o movimento é necessário e não há soluções alternativas (Coimbra, 2013).

Muda 7 - Produção em excesso.

O último desperdício deve-se aos erros de previsão relativos à procura do cliente e à capacidade de produção. As pessoas também têm dificuldade em aceitar que produção em excesso como um desperdício pois consideram que existem vantagens em ter o produto pronto e disponível assim que o cliente necessite (Coimbra, 2013).

2.2.4. Desenvolvimento do pessoal

Este princípio dá bastante importância ao envolvimento das pessoas nas atividades de melhoria. Os aspetos mais importantes são o trabalho em equipa e o desenvolvimento de novos hábitos de trabalho que melhorem a qualidade, reduzam os custos ou melhorem o serviço ao cliente, ou idealmente os três.

Para que a mudança de hábitos seja bem-sucedida, o primeiro passo passa por informar as pessoas das possíveis melhorias. Para que sejam adotados novos hábitos, todas as pessoas da empresa devem estar envolvidas, desde a gestão de topo aos operadores do chão de fábrica. A maneira de alcançar os objetivos pretendidos é organizando equipas focadas no *kaizen*, sendo o desenvolvimento do pessoal através de equipas de trabalho, um dos princípios mais fortes do *kaizen* (Coimbra, 2013).

2.2.5. *Standards* visuais

O princípio dos *standards* visuais incorpora o conceito de que ‘uma imagem vale mais que mil palavras’ e de que a maneira mais eficiente de executar uma tarefa é através de *standards*. Em primeiro lugar é muito importante definir a maneira mais eficiente de executar uma tarefa. Se a tarefa não estiver estandardizada está mais propensa a variabilidade pois será executada de maneira diferente por várias pessoas. O aspeto visual do *standard* também é importante. Um *standard* baseado em imagens, desenhos, figuras criativas de palavras é mais rápida e facilmente compreendido do que um *standard* ou uma instrução baseados em texto descritivo tal como muitos que se veem em vários *gembas*.

O *trabalho-standard* é um tipo especial de *standard* que procura definir a melhor forma dos operadores realizarem os movimentos, de acordo com um certo tempo de ciclo e mantendo um fluxo contínuo de materiais. Com o *trabalho-standard* é fácil observar os movimentos dos operadores e quanto tempo as operações demoram a ser executadas, entre outras informações importantes relacionadas com a manutenção do fluxo contínuo de materiais (Coimbra, 2013).

2.2.6. Processos e resultados

Processos e resultados é outro princípio do *kaizen* com bastante importância. Muitos gestores acreditam que definir um objetivo é tudo o que é preciso; o método utilizado para alcançar esse objetivo não é importante. Alguns dizem “Eu não quero saber qual é o método utilizado (processo), o resultado tem que ser alcançado!”. Contudo, ao estarem realmente envolvidos com o *kaizen*, vão perceber que é necessário observar em detalhe o processo e analisar as maneiras de o melhorar. Apenas trabalhando nas melhorias do processo é possível alcançar bons resultados. De facto, quando se pensa na interação processo- resultados deve-se atribuir igual importância a ambos (Coimbra, 2013).

2.2.7. Pensamento de fluxo puxado

Este último princípio é aquele que gera mais controvérsia pois pressupõe que toda a cadeia de abastecimento esteja organizada de acordo com o fluxo ótimo de materiais e de informação. Para alcançar este estado o foco deve ser a eliminação do desperdício acima numerado como “*Muda 5 - Material parado à espera*”, isto é, o foco deve ser a redução de inventário. O conceito de fluxo puxado significa que o material deve ser puxado e a produção iniciada pelas necessidades do cliente.

Muitos ficam reticentes com o conceito de fluxo puxado pois desde sempre lhes foi dito que seria mais económico produzir lotes de maior dimensão do que em lotes unitários sendo que, simplesmente parece mais eficiente trabalhar desta forma (Coimbra, 2013).

O conceito de fluxo puxado é, porém, a essência do *Toyota Production System*, sistema que tem vindo a ser adotado, com resultados evidentemente positivos, em vários tipos de indústrias e sectores.

Este último conceito será aprofundado no próximo ponto dado que se relaciona diretamente com o trabalho apresentado no capítulo 3 do presente relatório (Coimbra, 2013).

2.3. PRODUÇÃO PUXADA “PULL FLOW”

O *pull system*, em português “sistema de produção puxada”, é um conceito que teve origem no *Toyota Production System* (TPS) e supõe que apenas existe produção quando há consumo, quer seja de matéria-prima, produtos intermédios ou produtos acabados. Os sistemas puxados podem ser classificados como:

- Sistemas puxados puros

Pressupõe que uma determinada quantidade consumida pelo cliente origina um pedido de produção na mesma quantidade.

- Sistemas puxados de procura nivelada

São sistemas de produção que pressupõem que, para um período de tempo, o plano de produção é nivelado, e a flutuação do cliente é absorvida pelo *stock* de segurança, calculado de acordo com o *lead time* e pico de procura do cliente no período em estudo.

O conceito de sistema de produção puxada tem como base a produção ao ritmo das necessidades do cliente, isto é, o cliente deve consumir do processo precedente as quantidades que necessita, quando necessita. Ohno defende que as empresas devem nivelar o plano de produção, reduzindo assim os *lead times* de produção, eliminando os *stocks* e reduzindo os tempos de entrega, o que resulta em maior satisfação dos clientes. O cálculo do *takt time* é, neste caso, uma ferramenta muito útil para transmitir ao processo precedente qual o ritmo estimado a que deve ser feita a produção, sendo obtido pela divisão do tempo disponível para produção, pelas necessidades do cliente. Deve-se produzir e fornecer ao cliente apenas o que este necessita, uma vez que os *stocks* geram custos elevados. Neste tipo de sistema é essencial que haja um planeamento e controlo da produção assim, geralmente, a estes sistemas estão associados sistemas *kanban*.

2.4. O SISTEMA KANBAN

A palavra *kanban* tem origem japonesa e significa “cartão visível” ou “etiqueta”. Um *kanban* é geralmente um cartão que resume as necessidades de transporte ou produção. Por norma é um cartão de pequenas dimensões que identifica o material e as quantidades necessárias. No sistema de produção puxada, as quantidades produzidas são ditadas conforme as necessidades do cliente. Desde a primeira operação de fabricação até ao final da linha de montagem as quantidades produzidas correspondem às necessidades do cliente, não sendo desejável que haja excesso de produção para, desta forma, evitar grandes quantidades de produtos acumulados em inventário. A implementação deste sistema requer uma procura estável, lotes de produção preferencialmente de tamanho reduzido e total controlo da qualidade, requer também que todas as pessoas presentes no processo estejam envolvidas e, por fim, requer pensamento *kaizen* (*Kanban made simple*, 2003).

Ao implementar um sistema *kanban* é possível obter vantagens como:

- Produção e abastecimento sincronizados e alinhados;
- Aumento da capacidade produtiva;
- Controlo visual, mais intuitivo, em tempo real;
- Controlo por área, por material ou por produto;
- Redução de sucata;
- Redução de *stocks*;
- Detecção mais rápida dos problemas tanto de produção, como de abastecimento, ou de qualidade.

Para implementar um sistema *kanban* é primeiro necessário calcular o número de cartões *kanban* requeridos para aquela situação em concreto. Para isso existem muitas variáveis que devem entrar nesse cálculo como: o número de pedidos do cliente por período, o *lead time* para o abastecimento do circuito, o tempo operacional planeado, o tamanho do lote, entre outras.

No entanto antes da implementação do sistema *kanban* é necessário definir qual o tipo de *kanban* que se pretende implementar.

Existem seis tipos de *kanban* que podem ser divididos em dois grandes grupos: sistemas *kanban* onde existe produção no meio e sistemas *kanban* onde não existe

produção no meio. Ao primeiro grupo chamamos *kanbans* de produção e ao segundo *kanbans* de transporte ou movimentação (Coimbra, 2013).

Os *kanbans* de transporte, geralmente, são aqueles que autorizam a movimentação física de peças ou componentes. O cartão por norma é associado ao produto que por sua vez é levado para outro local onde é consumido. Nessa fase o cartão é retirado para que se possa realizar mais movimentações de produtos. É facilmente perceptível que o sistema *kanban* puxa a produção e dita o ritmo desta. Os três *kanbans* de transporte são:

- 2.4.1. *Kanban* de transporte - entrega (recebido de um cliente e entregue a outro cliente a partir de um supermercado de produtos acabados);
- 2.4.2. *Kanban* de transporte - fonte (enviado para um fornecedor e recebido num supermercado de entrada);
- 2.4.3. *Kanban* de transporte - interno (consumo interno / circuitos de reabastecimento).

Os *kanbans* de produção são usados em linhas ou máquinas. Estes circulam entre o fornecedor e o sector da produção e são afixados junto às peças. Quando estas são consumidas o cartão é retirado pelo cliente, retornando ao processo para autorizar a produção e reposição dos itens consumidos. Os três *kanbans* de produção são:

- 2.4.4. *Kanban* de produção - fluxo (usado em linhas ou máquinas onde não há transições de produto);
- 2.4.5. *Kanban* de produção - sinal (usado em linhas ou máquinas onde há transições mas não usando cartões *kanban* associados quantidades);
- 2.4.6. *Kanban* de produção - lote (usado em linhas ou máquinas onde há transições mas usando cartões *kanban* associados quantidades).

A figura abaixo (figura 1) esquematiza os tipos de *kanban* mencionados sendo que o fluxo representado na figura pelo número 1, corresponde ao *kanban* mencionado em 2.4.1; o fluxo representado na figura pelo número 2, corresponde ao *kanban* mencionado em 2.4.2 e assim sucessivamente.

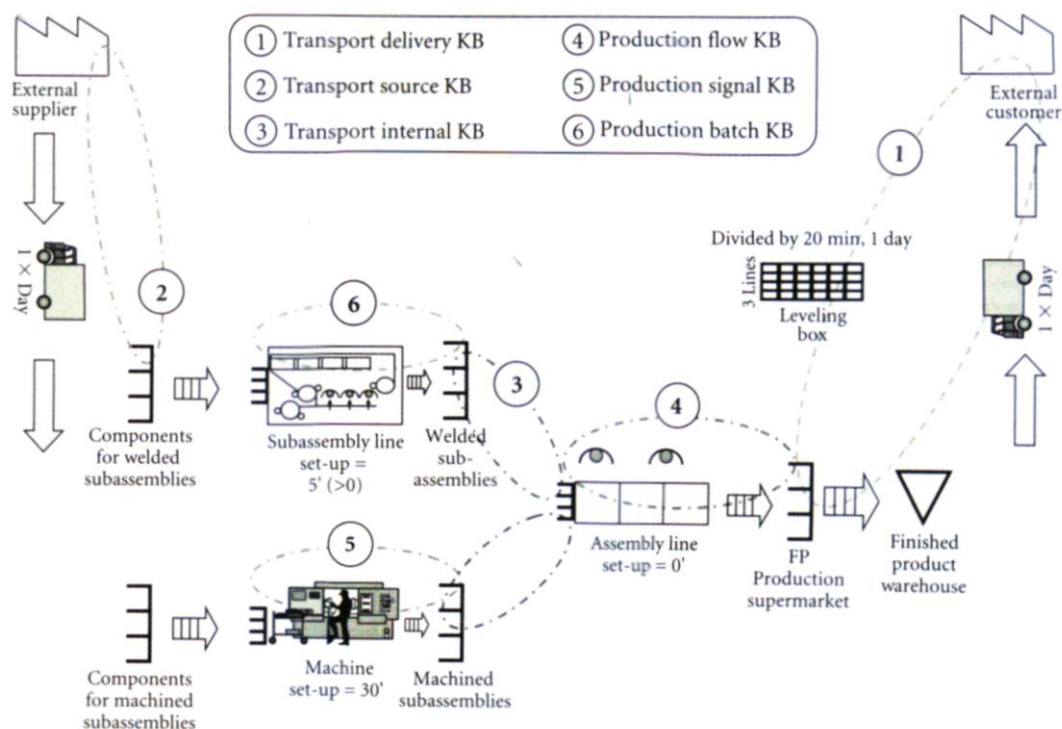


Figura 1 - Esquema tipos de ciclos *kanban* (fonte: Coimbra, 2013)

Os sistemas *kanban* de transporte e produção são bastante diferentes no entanto ambos trazem benefícios à empresa e até às pessoas que com ele trabalham por tornarem as tarefas mais intuitivas.

Ao remodelar as linhas antigas e criar um novo conceito de “armazenamento vertical” era necessário ter em conta os vários domínios que fazem parte da gestão do fluxo total. Esta alteração não deve ter efeitos negativos na produtividade das linhas e por isso é necessário ter em conta que o *layout* deve ser bem estudado, isto é, os dispositivos devem seguir uma determinada ordem, o bordo de linha de componentes tem que ser bem estruturado para que durante a produção não sejam criados desperdícios com o manuseamento dos componentes, as operações devem ter em conta o trabalho standard para minimizar os desperdícios por parte dos operadores bem como o procedimento que deve ser realizado quando é necessário transitar para outro produto. Todos estes domínios devem ser incluídos no enquadramento teórico como apoio à elaboração do projeto.

2.5. FLUXO PRODUTIVO *LEAN*

O Fluxo produtivo é um dos pilares que sustenta o *Total Flow Management* (TFM) também conhecido como a Gestão do Fluxo Total. Os objetivos do fluxo produtivo são:

- Criar um *one piece flow*, isto é, um fluxo contínuo de materiais ou produto acabado que tem por base o conceito de “uma unidade de cada vez”;
- Minimização do desperdício de movimentos dos operadores (bordo de linha e trabalho standard)
- Customização em massa (flexibilidade para alcançar uma produção eficiente de lotes pequenos usando *Single-Minute Exchange of Dies* – SMED)
- Simplificação antes da automatização

A criação de um *one piece flow* por norma implica um ajustamento do *layout* e dos equipamentos no sentido de produzir “uma unidade de cada vez” cumprindo a sequência de operações correta. Todos os recursos devem ser reorganizados no sentido de adicionar operações com valor acrescentado e eliminar todas as operações que não acrescentem valor. Com isto é possível alcançar um fluxo contínuo tanto de materiais como de produto acabado sem paragens durante o processo produtivo. Este conceito é um dos principais objetivos do *kaizen* nas cadeias de abastecimento.

O parâmetro mais importante para obter um fluxo contínuo de materiais ou produto acabado é o *takt time*. Este é a estimativa da procura do cliente e corresponde ao rácio entre o tempo de funcionamento da linha e a quantidade procurada para um determinado período de tempo. A linha deve ser projetada considerando o número de postos de trabalho e o tempo de cada operação sendo balanceada com base no *takt time* estabelecido. O valor do WIP (*Work In Process*) idealmente deve ser igual ao número de postos de trabalho de uma linha quando esta está balanceada, por exemplo, se existem dez estações de trabalho então a linha deve sempre ter 10 produtos a começarem a ser produzidos em simultâneo.

Para melhorar o fluxo produtivo é necessário ter em atenção cinco domínios:

2.5.1. *Layout*

O redesenho da linha e do *layout* é o primeiro domínio que deve ser abordado quando se pretende uma melhoria do fluxo produtivo. Nesta fase o interesse prende-se em analisar o processo produtivo para as várias famílias de produtos e projetar linhas de produção que integrem um fluxo contínuo, bem como é também importante escolher a melhor localização para as linhas. A linha é composta por uma sequência de operações entre as quais existem aquelas que não acrescentam, valor, tais como transporte, controlo de qualidade, esperas, entre outras. Ao redesenhar a linha e o *layout* deve-se ter em conta que as operações que não acrescentam valor devem ser eliminadas ou minimizadas, no entanto, também existem operações que acrescentam valor que possam ser eliminadas ao alterar a sequência de operações do processo produtivo ou ao aumentar a eficácia de certas operações.

2.5.2. Bordo de linha

O segundo domínio de melhoria do fluxo produtivo é o bordo de linha. O conceito de bordo de linha engloba a localização e acondicionamento de todos os materiais e componentes necessários para a linha de produção. Um bordo de linha bem projetado deve cumprir a maioria dos seguintes critérios:

- A localização de todos os componentes deve minimizar os movimentos de *picking* dos operadores da linha;
- A localização dos componentes e dos recipientes deve minimizar os movimentos dos operadores logísticos;
- O tempo necessário para substituir os componentes de uma referência de produto para outra deve ser próximo de zero;
- A decisão de reabastecer a linha deve ser intuitiva e instantânea.

Para cumprir todos estes critérios, a localização dos componentes, o tipo de recipiente e o fluxo de recipientes (cheios e vazios) devem ser cuidadosamente projetados. O principal objetivo é minimizar o movimento dos trabalhadores localizando os componentes o mais perto possível do local onde vão ser usados.

2.5.3. Trabalho *standard*

O terceiro domínio do fluxo produtivo *lean* é o trabalho *standard*. Este conceito é normalmente definido como sendo o desenvolvimento de *standards* que representam o melhor método de trabalho no momento. O trabalho *standard* tem por base a minimização dos movimentos dos trabalhadores e é uma forma fundamental de melhorar o trabalho que pode ser alcançada por trabalhadores em qualquer situação, isto é, operadores de linha, operadores logísticos ou até administrativos.

Este pilar visa que os operadores trabalhem em linhas com um fluxo contínuo, com um bordo de linha otimizado enquanto estão focados em trazer valor acrescentado usando os movimentos o mais fácil e curto possível. Quando observados, os operadores devem parecer quase como parte do produto, fazendo as operações com movimentos curtos e fluidos sem dificuldade.

2.5.4. *Sigle-Minute Exchange of Dies* – SMED

SMED engloba o conceito de mudança rápida de um produto para o próximo. Este método também é usado para melhorar o processo de transição de produto quando aplicado ao trabalho *standard*. O método SMED foi desenvolvido por Shigeo Shingo enquanto trabalhava como consultor para a Toyota. A redução dos tempos de transição alcançada com o uso do método SMED é um dos cinco domínios de melhoria do fluxo produtivo que visa alcançar tempos de setup aproximadamente iguais a zero tanto em linhas como em máquinas. Esta flexibilidade pode acarretar inúmeras vantagens na melhoria do fluxo produtivo.

O objetivo aquando o planeamento da linha é obter tempos de setup iguais a zero. Se for alcançado, é possível que o fluxo da linha seja contínuo ainda que com vários produtos a serem produzidos. Quando não é possível que o tempo de setup seja igual a zero, pretende-se que seja o mais próximo que se consiga deste valor. Quando o tempo de setup é igual a zero, é possível ver vários produtos ao longo da linha ao mesmo tempo, uns atrás dos outros. Quando o tempo de setup é superior a zero é necessário que a produção seja feita por lotes completos de produto. A transição para outro produto é feita quando acaba o último lote que se pretende produzir. Atualmente o tempo de setup de uma máquina é um fator a ter em conta pelas empresas aquando a compra.

2.5.5. Automatização de baixo custo

Este último domínio surge após ser criado um *layout* adequado ao *one piece flow*, ser definida a melhor localização e o tipo de recipientes no bordo de linha, serem minimizados os movimentos dos trabalhadores de acordo com o *takt time* e o fluxo da linha e serem definidos todos os parâmetros relacionados com a transição de produtos numa linha de produção. Por fim resta aumentar o trabalho mecanizado e alcançar melhor produtividade automatizando algumas operações ou partes de operações. De facto, a produtividade é a divisão do *output* pelo *input*, sendo o *output* a quantidade de produto produzida e o *input* o número de trabalhadores-horas requeridos. Não há limites para produtividade pois se reduzir o denominador (número de trabalhadores-horas requerido) o rácio torna-se próximo de infinito. Por outro lado a automatização também pode acarretar muitos custos e a automatização total pode não providenciar retorno dos investimentos suficiente. É importante que a linha tenha todos os domínios do fluxo produtivo desenvolvidos antes que a automatização seja implementada.

A automatização de baixo custo prevê que reduza os custos de produção e crie um maior retorno dos investimentos. Sendo este o ultimo domínio da melhoria do fluxo produtivo pode originar produtividade infinita nas linhas de produção.

É essencial que os conceitos acima referenciados estejam bem esclarecidos e consolidados para que o desenvolvimento do projeto possa ser bem conseguido. Assim, os temas que se seguem foram desenvolvidos ao longo do projeto e tiveram como base a pesquisa efetuada.

3. CASO PRÁTICO

Neste capítulo é exposto o trabalho efetuado ao longo de oito meses de desenvolvimento de um projeto baseado na melhoria contínua na Preh Portugal, Lda.

3.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA PREH PORTUGAL, LDA

A Preh é uma empresa multinacional que labora no ramo da indústria automóvel. Foca a sua atenção essencialmente no desenvolvimento e produção de sistemas de controlo para automóveis. Fundada a 11 de Março de 1919 por Jakob Preh Jr. em Bad Neustadt an der Saale, na Alemanha, a empresa encontra-se aí sediada, contudo, tem sucursais em vários pontos do globo: Alemanha, China, Estados Unidos da América, México, Portugal e Roménia (Figura 2).

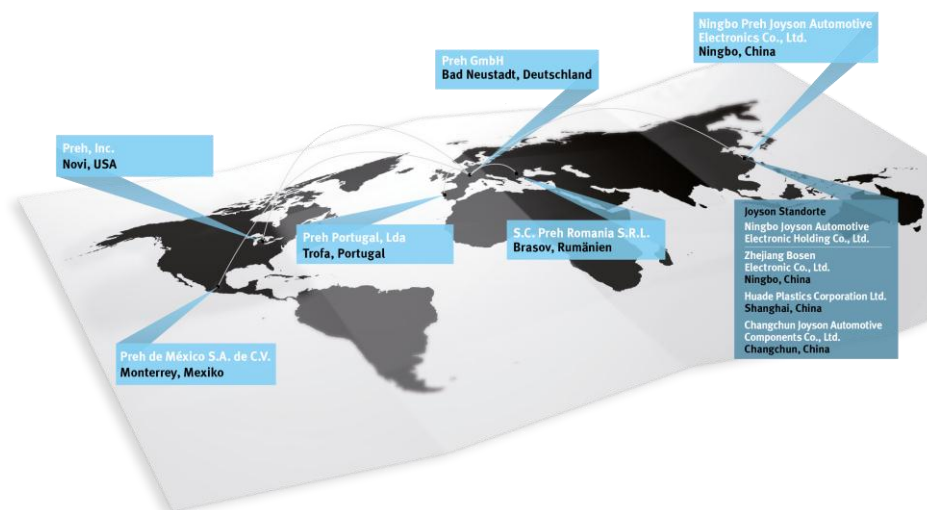


Figura 2 - Localização da Preh no mundo (fonte: Preh Portugal, 2015)

As várias sucursais da empresa têm funções diferentes, nomeadamente, montagem, apoio ao cliente ou investigação e desenvolvimento:

- Centros de montagem:
 - Preh GmbH – Bad Neustadt, Alemanha;
 - Preh Portugal, Lda – Trofa, Portugal;
 - Preh de S.A. de C.V. – Monterrey, México;
 - S.C. Preh Romania S.R.L – Brasov, Roménia.
- Centros de apoio ao cliente:
 - Preh GmbH - Bad Neustadt, Alemanha;
 - Preh Customer Service Center München – Munique, Alemanha;
 - Preh Customer Service Center Sindelfingen – Sindelfingen, Alemanha;
 - Preh China – Shangai, China;
 - Preh, Inc. – Novi, Estados Unidos da América.
- Centros de investigação/desenvolvimento:
 - Preh GmbH – Bad Neustadt, Alemanha.

A Preh tornou-se uma empresa com muito poder pois foi quem desenvolveu um dos primeiros rádios em todo o mundo – o Preh-Funk. Curiosamente, em 1949, a Preh optou também pela produção de brinquedos, particularmente, de carros telecomandados e bonecas de poliestireno. No entanto, devido ao aumento da procura de componentes eletromecânicos por parte da indústria da rádio e televisão, a produção de brinquedos terminou.



Figura 3 - Preh Portugal, Lda (fonte: Preh Portugal, 2015)

A Preh Portugal, Lda (figura 3) está localizada na Trofa, foi fundada em 1969 e tem cerca de 600 colaboradores. Em 1970 iniciou a sua atividade na produção de componentes eletromecânicos e apenas em 1992 começou a produzir componentes para a indústria automóvel (figura 4). Desde então esse tem sido o seu foco tendo implementado a tecnologia SMD (*Surface-mount technology*) na montagem dos seus produtos em 1997 e, a partir de 2005, iniciado a produção de componentes de plástico

injetados. Nas suas instalações existem secções de maquinagem, moldação de plásticos por injeção, pintura, gravação a laser, tecnologia de montagem superficial e montagem final automatizada e semi-automatizada.

A Preh Portugal, Lda é também certificada na área da qualidade pela ISO 9002 desde 1993 pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ); em 1995 obteve a certificação, pela Ford, como fornecedor Q1; em 1998 obteve a certificação pela DQS-Portugal pela ISO 9002:1994, pela QS 9000:1995 e pela VDA 6, Part 1; em 2001 foi certificada pela DQS-Portugal pela ISO/TS 16949:1999 e pela ISO 9001:1994. No ano de 2003 foi certificada pela DQS-Portugal pela ISO/TS 16949:2002 e pela ISO 9001:2000. A Preh Portugal, Lda é certificada pela ISO/TS 16949:2009 desde 2009 e pela ISO 9001:2008 desde o mesmo ano. Obteve a certificação pela ISO 14001:1996 em 2002 e pela ISO 14001:2004 em 2005 pela APCER (Associação Portuguesa de Certificação). Desde 2010 tornou-se um OEM (*original equipment manufacturer*) Greenpartner, certificado atribuído pela SONY.

Nos últimos 3 anos a Preh Portugal, Lda teve um retorno médio de 140 milhões de Euros.



Figura 4 - Alguns produtos produzidos na Preh Portugal, Lda (fonte: Preh Portugal, 2015)

Foi na Preh Portugal, LDA que se desenvolveu o projeto. Este teve início com a implementação de um sistema *kanban* na linha laser universal.

3.2. KANBAN LASER UNIVERSAL

A implementação de um sistema *kanban* foi feita na linha laser universal. Esta linha é composta por 3 máquinas laser que realizam uma operação que consiste na decapagem da tinta preta de uma peça plástica branca gravando assim símbolos como ON/OFF, *eject*, *play*, entre outros.

O primeiro passo para a implementação do sistema *kanban* consistiu na recolha de dados. Estes dados foram recolhidos a partir de um *software* usado para controlar as

quantidades produzidas, filtrando conforme as datas e horas desejadas. Considerando que uma semana é constituída por 5 dias, obteve-se a seguinte tabela (Tabela 1).

Tabela 1 - Cadência de produção					
Linha	1 Turno	2 Turnos	3 Turnos	Dia	Semana
C520	300	600	900	900	4500
C346	230	460	-	460	2300
B299	230	460	-	460	2300
AU210K	270	540	-	540	2700
CD391	310	620	-	620	3100
PL6	700	1400	2100	2100	10500
D1	300	-	-	300	1500
GTO	500	1000	1250	2750	13750
MMID4	100	200	-	200	1000
JD	102	-	-	102	510
DM	200	-	-	200	1000
MMIC7	50	-	-	50	250
SST Q7 PA	240	480	-	480	2400
D3	25	-	-	25	125

O sistema *kanban* foi dimensionado para abastecer o bordo de linha, da linha Laser Universal. Este sistema apenas contempla as referências de teclas pintadas em tabuleiros de pintura e que são abastecidas pelo comboio logístico. No entanto, no laser universal são gravadas teclas que não vêm em tabuleiros de pintura, mas sim em kits; são gravadas também teclas que, apesar de virem em tabuleiros de pintura, não são abastecidas pelo comboio logístico e são, ainda, gravadas peças finais de alguns produtos. Assim sendo, as quantidades *kanban* tiveram que ser ajustadas ao tempo disponível do laser universal. Para isso foi necessário subtrair, ao tempo de funcionamento da linha, o tempo ocupado pelas referências de produtos que não entram no bordo de linha do sistema *kanban*.

Os clientes da linha laser universal são internos, tratam-se das linhas de montagem C520, C346, B299, AU210K, CD391 e PL6.

As variáveis *kanban* são as que se apresentam na Tabela 2 e encontram-se abaixo descritas.

Tabela 2 - Tabuleiros de pintura abastecidos pelo comboio logístico

Linha	Descrição	Conj/ Tab	T/tab (s)	Nec/ dia	Nec/ sem	Setup (s)	T _{TOTAL} (s)	T _{TOTAL} (min)
C520	Toogle	72	1656	12,5	62,5	60	1716	28,60
	Teclas on, eject, hazard e lock	84	1092	10,7	53,6	60	1152	19,20
C346	Toogle	72	1656	6,4	31,9	60	1716	28,60
	Teclas centro on e eject	108	540	4,3	21,3	60	600	10,00
B299	Teclas on e eject	180	975	2,6	12,8	60	1035	17,25
	Teclas hazard e lock	192	1248	2,4	12,0	60	1308	21,80
AU210 K	Teclas clima	36	828	15,0	75,0	60	888	14,80
CD391	Botão volume	72	342	8,6	43,1	60	402	6,70
PL6	Regulação temperatura	96	522,72	21,9	109,4	60	582,72	9,71

A coluna “conj/tab” transmite a informação de quantos conjuntos de teclas existem num tabuleiro de peças pintadas. Um conjunto de teclas corresponde à quantidade de teclas necessárias para montar uma peça completa. O tempo por tabuleiro (T/tab) corresponde ao tempo (em segundos) que demora realizar a operação laser a todos os conjuntos de teclas de um tabuleiro. A necessidade por dia (Nec/dia) tem em conta as necessidades do cliente divididas pela quantidade de conjuntos de teclas por tabuleiro. As necessidades semanais (Nec/sem) são calculadas para 5 dias. O tempo de *setup* é aproximadamente 1 minuto para qualquer referência produzida nesta linha. O tempo total (T_{TOTAL}) é dado pela soma do tempo demorado a realizar a operação laser num tabuleiro com o tempo de *setup*.

As peças que não entram no bordo de linha *kanban* são aquelas que são abastecidas ou abastecem as linhas cliente em caixas com kits de teclas, em tabuleiros que não são transportados pelo comboio logístico e aquelas em que a operação laser é apenas realizada na peça final (ver tabelas 3, 4 e 5).

A tabela 3 é usada para calcular o tempo que é ocupado no dispositivo de laser pelas teclas que são abastecidas em caixas com kits de teclas e abastecem a linha cliente da mesma forma.

Tabela 3 - Kits de teclas abastecidos em caixas

Linha	Descrição	Kits/cx	T/cx (s)	Nec/dia	Nec/sem	Setup (s)	T _{total} (s)	T _{total} (min)
GTO	Kit de teclas	300	3000	9,2	45,8	60	3060	51,00
Dachmodul	Teclas	432	4752	0,5	2,3	60	4812	80,20
SST Q7 PA	Teclas STOP ENGINE	500	3187,5	0,2	1,0	60	3247,5	54,13

Na tabela 4 consta o tempo que os tabuleiros de teclas pintadas que não são abastecidos pelo comboio logístico ocupam a efetuar a operação laser.

Tabela 4 - Teclas em tabuleiros que não são abastecidos por comboio logístico

Linha	Descrição	Conj/tab	T/tab (s)	Nec/dia	Nec/sem	Setup (s)	T _{total} (s)	T _{total} (min)
CD391	Teclas on e eject	180	765	1,7	8,3	60	885	14,75
	Botão cerâmico	60	2640	5,0	25,0	60	3000	50,00
PL6	Teclas soltas							300,0
	Tampa ON OFF	420	2310	5,0	25,0	60	2370	39,50
D1	Teclas cinzentas	360	1755	0,8	4,2	60	1815	30,25

A tabela 5 transmite a informação da quantidade de tempo em minutos que a linha laser está ocupada a efetuar a operação laser nas peças finais, as quais apenas devem ser testadas após esta operação.

Tabela 5 - Peça final

Linha	Descrição	Cadência de transporte	T/cadência (s)	Freq/ Dia	Nec/ sem	Setup (s)	T _{total} (s)	T _{total} (min)
MMID4	Peça final	10	200	20	1000	60	5200	86,67
JD	Peça final	20	160	5	510	60	1122	18,70
MMIC7	Peça final	10	200	5	250	60	1300	21,67
D3	Peça final	10	200	3	125	60	650	10,83

A linha laser opera em kits de teclas que são abastecidos em caixas (cx). As caixas trazem 300, 432 e 500 kits de teclas para abastecer as linhas GTO, Dachmodul e SST Q7 PA, respetivamente. O tempo que demora a realizar a operação laser numa caixa de teclas está representado na quinta coluna da tabela 3. As necessidades por dia são calculadas dividindo a cadência pela quantidade de kits de teclas que existem numa caixa completa (por exemplo, na linha GTO a necessidade diária é: $2750/300 \approx 9,2$). As

necessidades semanais são a multiplicação das necessidades diárias por 5 dias. O tempo total é a soma do tempo despendido a gravar uma caixa completa de kits de teclas com o tempo de setup.

O tempo despendido na gravação de símbolos por laser nos tabuleiros que não entram no sistema *kanban* foi calculado da mesma forma (tabela 4).

As linhas onde as peças apenas são sujeitas a gravação de símbolos por laser na peça final são as linhas MMI D4, John Deere, MMI C7 e D3. A cadência de transporte corresponde à quantidade de peças que são levadas para a linha laser de cada vez que é feito o transporte. O tempo de laser para satisfazer a cadência é representado na coluna “T/cadencia”. A “freq/dia” corresponde ao número de vezes por dia em que são gravadas as peças das linhas MMI D4, John Deere, MMI C7 e D3 no laser. Por exemplo, vinte vezes por dia chegam à linha laser peças finais da linha MMI D4. O tempo é a soma da multiplicação do tempo para satisfazer a cadência pela frequência diária com a multiplicação do tempo de *setup* pela frequência diária (ver tabela 5).

Os dados usados foram os seguintes:

- Número de turnos: 2
- Minutos de laser em tabuleiros sem *kanban*: 4634,50
- Minutos de laser em peças finais: 137,87
- Minutos de laser em kits de teclas (caixas): 185,33
- Disponibilidade por dia dos lasers L1e L2: 1431,81 min
- Disponibilidade por dia do laser L3: 510,50 min
- Dias de trabalho: 5
- Disponibilidade por semana dos lasers L1 e L2: 7159,04 min
- $TC-TF=1$ min (onde “TC” corresponde ao tempo de ciclo, “TF” corresponde ao tempo de funcionamento e, nesse sentido, 1 min corresponde ao tempo de setup)
- Lote (número de tabuleiros por lote): 10
- Quantidade máxima de remoção (tabuleiros): 2

Com os dados acima pretende-se resumir as informações recolhidas até ao momento bem como os dados estabelecidos sobre a linha laser.

Tabela 6 - Cadência de fornecimento

Linha	Descrição	Minutos de Laser/Tabuleiro de Pintura
C520	<i>Toogle</i>	28,6
	Teclas <i>on, eject, hazard</i> e <i>lock</i>	19,2
C346	<i>Toogle</i>	28,6
	Teclas centro <i>on</i> e <i>eject</i>	10,0
B299	Teclas <i>on</i> e <i>eject</i>	17,3
	Teclas <i>hazard</i> e <i>lock</i>	21,8
AU210 K	Teclas clima	14,8
CD391	Botão volume	6,7
PL6	Regulação temperatura	9,7

A tabela 6 traduz o tempo, em minutos, que demora a operação laser nos tabuleiros de teclas pintadas. Estes valores permitem calcular a cadência de fornecimento de cada uma das referências.

Tabela 7 - Procura

Linha	Tabuleiros	Turno	Dia
C520	<i>Toogle</i>	4,2	12,5
	Teclas <i>on, eject, hazard</i> e <i>lock</i>	3,6	10,7
C346	<i>Toogle</i>	3,2	6,4
	Teclas centro <i>on</i> e <i>eject</i>	2,1	4,3
B299	Teclas <i>on</i> e <i>eject</i>	1,3	2,6
	Teclas <i>hazard</i> e <i>lock</i>	1,2	2,4
AU210 K	Teclas clima	7,5	15,0
CD391	Botão volume	4,3	8,6
PL6	Regulação temperatura	7,3	21,9

A Tabela 7 representa a quantidade procurada, em tabuleiros, de cada referência de tecla com laser pelas linhas cliente: C520, C346, B299, AU210K, CD391 e PL6. É necessário satisfazer sempre a procura das linhas cliente para que nestas não ocorram paragens.

Tabela 8 – SNP

Linha	Tabuleiro	Kits/tabuleiro
C520	<i>Toogle</i>	72,0
	Teclas <i>on</i> , <i>eject</i> , <i>hazard</i> e <i>lock</i>	84,0
C346	<i>Toogle</i>	72,0
	Teclas centro <i>on</i> e <i>eject</i>	108,0
B299	Teclas <i>on</i> e <i>eject</i>	180,0
	Teclas <i>hazard</i> e <i>lock</i>	192,0
AU210 K	Teclas clima	36,0
CD391	Botão volume	72,0
PL6	Regulação temperatura	96,0

A Tabela 8 contém os valores do número *standard* de peças (SNP- *Standard Number of Pieces*), isto é, o número de conjuntos de teclas existentes num tabuleiro.

Tabela 9 – Tempos (min.)

Linha	Tabuleiro	TPL	TC	TCL	TT	TOTAL/dia
C520	<i>Toogle</i>	286,0	108,0	1080,0	20	1386,00
	Teclas <i>on</i> , <i>eject</i> , <i>hazard</i> e <i>lock</i>	192,0	126,0	1260,0	20	1472,00
C346	<i>Toogle</i>	286,0	140,9	1408,7	20	1714,70
	Teclas centro <i>on</i> e <i>eject</i>	100,0	211,3	2113,0	20	2233,04
B299	Teclas <i>on</i> e <i>eject</i>	172,5	352,2	3521,7	20	3714,24
	Teclas <i>hazard</i> e <i>lock</i>	218,0	375,7	3756,5	20	3994,52
AU210 K	Teclas clima	148,0	60,0	600,0	20	768,00
CD391	Botão volume	67,0	104,5	1045,2	20	1132,16
PL6	Regulação temperatura	97,1	61,7	617,1	20	734,26

A Tabela 9 representa várias parcelas do cálculo do tempo. TPL que corresponde ao tempo de produção de um lote e que se calcula multiplicando a cadência de fornecimento pelo tamanho do lote (10 unidades.) TC é o tempo de consumo que é calculado dividindo 450min pela procura num turno sendo que, 450min corresponde à duração de um turno e a procura por turno é retirada da Tabela 7. TCL representa o tempo de consumo de um lote, isto é, o tempo de consumo multiplicado pelo tamanho do lote. O TT corresponde ao tempo de transporte e é aproximadamente 20 min pois corresponde a metade do ciclo do comboio logístico. O tempo total é a soma do TPL, TCL e TT.

Os cálculos para dimensionar o número de *kanbans* são então feitos com base nas seguintes fórmulas:

Tabela 10 - Fórmulas para dimensionamento do sistema *kanban*

Fórmulas	Siglas
$K = RE + LO + WI + TI + SA$ $RE = \frac{PT \cdot RT_{loop}}{POT \cdot SNP}$ $LO = \left(\frac{LS}{SNP} - 1 \right)$ $WI = \frac{WA - LS}{SNP}$ $TI = \frac{PR}{POT \cdot SNP} \cdot T_{customer} - T_{supplier} $ $SA = \frac{PR \cdot ST \cdot 60}{POT \cdot SNP}$	<p>PR - Pedidos por período</p> <p>RT - <i>Lead time</i> do reabastecimento para o circuito</p> <p>SNP - Número <i>standard</i> de peças</p> <p>POT - Tempo operacional planeado</p> <p>LS - Tamanho do lote</p> <p>ST - Tempo de segurança</p> <p>WA - Quantidade máxima prevista da remoção</p> <p>T_{customer} - Modelo do turno do cliente</p> <p>T_{supplier} - modelo do turno do fornecedor</p>

Devem ser feitos os cálculos de todas as parcelas para determinar qual o valor do número de *kanbans* necessários. O valor do número de *kanbans* corresponde ao valor do número de tabuleiros e este valor vai ser a base do sistema *kanban* implementado.

Na tabela seguinte surgem os cálculos para o dimensionamento do sistema *kanban* onde, com base no BPS (Bosch Production System), “k” corresponde ao número de *kanbans*, que por sua vez, neste caso, corresponde ao número de tabuleiros de peças pintadas.

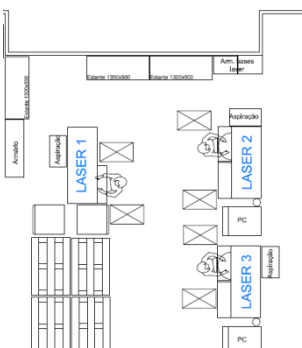
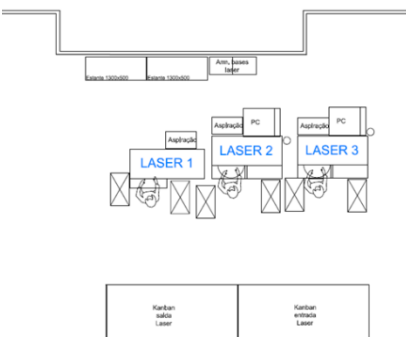
Tabela 11 - Cálculos *Kanban*

Linha	Tabuleiro	WA	ST	RE	LO	WI	TI	SA	K em conjuntos	K em tabuleiros	RL
C520	<i>Toogle</i>	36	572	871,21	-0,86111	0,36111	0,62858	299,62	1170,96	17	7
	Teclas <i>on</i> , <i>eject</i> , <i>hazard</i> e <i>lock</i>	42	384	925,26	-0,88095	0,44444	0,62858	172,41	1097,86	14	4
C346	<i>Toogle</i>	36	143	550,88	-0,86111	0,36111	0,32127	38,285	588,99	9	4
	Teclas centro <i>on</i> e <i>eject</i>	54	50	717,41	-0,90741	0,61111	0,32127	8,92	726,36	7	4
B299	Teclas <i>on</i> e <i>eject</i>	90	86,25	1193,28	-0,94444	1,11111	0,32127	9,24	1203,01	7	4
	Teclas <i>hazard</i> e <i>lock</i>	96	109	1283,33	-0,94792	1,19444	0,32127	10,94	1294,84	7	4
AU210 K	Teclas clima	18	296	289,65	-0,72222	0,11111	0,37715	186,06	475,47	14	9
CD391	Botão volume	36	33,5	490,25	-0,86111	0,36111	0,43302	12,09	502,27	7	10
PL6	Regulação temperatura	48	9,71	3020,47	-0,89583	0,52778	1,46668	8,90	3030,48	32	17

A tabela 11 representa os cálculos para o dimensionamento do sistema *kanban*. Na terceira coluna da tabela constam os valores de “WA” (Quantidade máxima prevista da remoção), na coluna seguinte estão representados os valores de “ST” (Tempo de segurança), de seguida “RE” (*Replenishment Time Coverage*), segue-se “LO” (*Lot Size Coverage*), “WI” (*Withdrawal Peak Coverage*), “TI” (*Time Gap Coverage*) e “SA” (*Safety Time Coverage*). Com estes dados é possível calcular o valor de k em conjuntos (quantidade de conjuntos de teclas correspondentes a um *kanban*). Este valor é transformado para k em tabuleiros porque se sabe quantos conjuntos de teclas constituem um tabuleiro. Com estes dados foi feita uma estimativa daquela que devia ser a “RL” (*Red Line*) sendo que este valor, por ter sido estimado, deveria ser ajustado caso fosse necessário quando o sistema *kanban* estivesse implementado.

O *kanban* foi implementado com base nos cálculos efetuados. Para melhorar o aproveitamento do espaço, e devido à compra de 2 bordos de linha, foi também alterado o *layout* da linha laser.

Tabela 12 - Alteração de *layout* para implementação do sistema *kanban*

<i>Layout inicial</i>	<i>Layout após implementação de sistema kanban</i>
	

No *layout* inicial, tanto os tabuleiros de pintura sem laser como os tabuleiros que já tinham passado pela operação laser eram colocados em paletes sem qualquer organização. Havia uma grande probabilidade de erro pois não era possível ter um controlo visual sobre todas as referências que se encontravam na paleta. Foi estudada a melhor disposição e chegou-se à conclusão de que devia haver um bordo de linha para a entrada de tabuleiros abastecido pelo operador do comboio logístico, onde as quantidades abastecidas são controladas por este e um bordo de linha para a saída de tabuleiros já com laser onde as quantidades são controladas pelas operadores que efetuam a operação laser. No novo *layout* o bordo de linha encontra-se atrás dos operadores, todo identificado com as referências de cada produto, e estas devem ir buscar os tabuleiros sem laser ao bordo de linha de entrada que se encontra do seu lado esquerdo, efetuar a operação laser e colocá-los no bordo de linha de saída do seu lado direito. O bordo de linha situa-se agora entre o corredor e a linha laser. Assim sendo, os operadores da linha laser apenas usam o bordo de linha no lado superior (figura 5) e os operadores do comboio logístico apenas usam o bordo de linha no lado inferior, ou seja, no corredor.

De notar que tanto os operadores da linha laser como os operadores do comboio logístico receberam formação sobre o funcionamento do sistema *kanban*.

O sistema *kanban* funciona com um sistema de cores sendo a zona vermelha considerada uma zona de perigo (podendo levar a rutura de *stock*), devendo esses materiais ser abastecidos de imediato. A zona amarela corresponde a materiais menos urgentes que devem ser abastecidos apenas quando todos os que se encontram nas zonas vermelhas estiverem abastecidos. Por exemplo, temos uma situação em que o *kanban* da referência *Toggle* da linha C520 está cheio ou seja, sabendo que naquela célula do bordo de linha devem constar 17 tabuleiros de teclas pintadas, tanto a zona amarela como a zona vermelha estão preenchidas. Tendo sido definido que a *RedLine* (limite da zona vermelha ou *stock* mínimo) são 7 tabuleiros, após terem realizado a operação laser a 10 tabuleiros, a quantidade atinge a *RedLine* e, nesse momento, o comboio logístico deve voltar a abastecer aquele material.

A implementação do sistema *kanban* permitiu que houvesse uma redução do *stock* em linha evitando também situações em que, por falta de outros materiais, o operador produzia demasiadas peças da mesma referência para desta forma não haver paragem da linha laser. Neste momento, a gestão visual facilita as tarefas de abastecimento do comboio logístico e os operadores podem ver quais são as necessidades do cliente através das variações do material. No mesmo sentido foi consideravelmente melhorado o fluxo de materiais na linha. Ambos os bordos de linha foram identificados para que houvesse um bordo de linha para entrada de materiais (peças pintadas) e um bordo de linha de saída de materiais já com laser para as linhas cliente. Os operadores têm a responsabilidade de gerir a linha no chão de fábrica através do controlo visual sendo este controlo intuitivo, tendo-se revelado eficaz.

A figura 5 apresenta um esquema do bordo de linha do sistema *kanban*. O bordo de linha possui 12 células (4 colunas e 3 linhas) sendo que cada uma dessas células tem profundidade para dois tabuleiros. Como se pode verificar na figura abaixo, na mesma célula estão representadas duas colunas com cor, uma do lado esquerdo e outra do lado direito. O que se pretende com este esquema de cores é que o operador, depois de efetuar a operação laser, vá colocando os tabuleiros no bordo de linha. Primeiro deve respeitar as cores da coluna da esquerda e quando tiver colocado a quantidade máxima de tabuleiros nessa coluna, deve empurrar os tabuleiros para a zona mais profunda do bordo de linha e colocar a quantidade de tabuleiros representada na coluna da esquerda. Para respeitar o código de cores, o operador deve colocar no bordo de linha a quantidade de tabuleiros indicada na zona vermelha, de seguida deve ir colocando tabuleiros ate preencher a zona amarela e por fim deve preencher a zona verde. O operador ao empurrar os tabuleiros para a zona mais profunda, estes ficam à face do outro lado, ou

[illegible]

Figura 5 - Esquema de organização do bordo de linha *kanban*

Os espaços livres serão usados para respostas rápidas nas alterações da procura e para as referências das peças que não entram no sistema *kanban*.

Na figura 6 é apresentado um exemplo das etiquetas de identificação do bordo de linha que serviram para que os operadores rapidamente, identificassem qual o material colocado em determinado espaço. As etiquetas que referenciam que a peça é sem laser são colocadas no bordo de linha de entrada e as que mencionam que a peça já esta gravada com laser são colocadas no bordo de linha de saída.

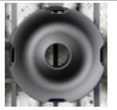











SONY C520 / C346 Toggle s/ laser 13046-129/		SONY B299 Teclas on, eject s/ laser 13046-260/	
SONY C520 / C346 Toggle c/ laser 13023-247/		SONY B299 Teclas on, eject c/ laser 13023-314/	
SONY C520 Teclas on, eject, hazard, lock s/ laser 13046-158/		SONY B299 Teclas hazard e lock s/ laser 13046-237/	
SONY C520 Teclas on, eject, hazard, lock c/ laser 13023-274/		SONY B299 Teclas hazard e lock c/ laser 13023-313/	
SONY C346 Teclas centro, on, eject s/ laser 13046-128/		AU 210 CLIMATRONIC Teclas clima s/ laser 13046-088/	
SONY C346 Teclas centro, on, eject c/ laser 13023-246/		AU 210 CLIMATRONIC Teclas clima c/ laser 13015-717	

Figura 6 - Exemplo de etiquetas de identificação do bordo de linha *kanban*

A organização do sistema *kanban* foi pensada para colmatar os erros que ocorriam na linha devido à falta de organização. Aquando a implementação deste sistema foi feita uma auditoria 5Ss que facilitou também a organização dos postos de trabalho dos operadores e não só da linha. Com o dimensionamento do sistema *kanban* foi possível verificar uma maior organização na linha laser universal. Era mais intuitivo para o operador do comboio logístico saber com que referências deve abastecer a linha e foi mais intuitivo para os operadores da linha saberem que referência deviam produzir. Inicialmente era frequente acontecer situações em que o operador do comboio trazia demasiado material de uma referência quando os operadores da linha laser necessitavam de outra e para a linha não estar parada até que o comboio voltasse para trazer a referência certa, os operadores produziam quantidades em excesso da referência de produto existente. Com o sistema atual e com a gestão visual de todas as referências que entram na linha este desperdício foi minimizado e pretende-se que seja eliminado.

3.3. ARMAZENAMENTO VERTICAL

Em paralelo foi desenvolvido um projeto de remodelação de linhas antigas que não trabalham de forma continuada. Este projeto consistiu na criação do conceito “Armazenamento vertical” sendo as linhas de produção, fixas em tampos de mesa, armazenadas em estantes e montadas apenas quando é planeado o seu funcionamento conforme as necessidades. As linhas FTE, GES, Audi interruptor, Zahngzegment, Golf, AC Ventilação, E60/63 - M5/M6, E87 - E90 - PL2 e FDC foram as escolhidas para integrar o projeto numa primeira fase por serem aquelas que não trabalham de forma continuada, ou seja, têm entre 3 a 10 encomendas por ano e por isso estão paradas a maior parte do tempo. As linhas em causa são compostas por dispositivos pequenos e simples sendo que a maioria deles são prensas manuais. Com este projeto é possível libertar a área ocupada por estas linhas sendo este um dos fatores decisivos para a aprovação do projeto.

A ideia é que a cada linha correspondem no máximo dois tampos de mesa, onde os dispositivos estão fixos, e um dispositivo de teste final. Os dispositivos de teste devem estar fixos em mesas com rodas e ficam armazenados no nível zero, isto é, ficam no chão e não nas estantes. Quando for planeado o funcionamento de uma linha o operador apenas tem que empurrar o dispositivo de teste para o local assinalado e o seu deslocamento não deve ser superior a 10 metros de distância. Os restantes dispositivos da linha, fixos em tampos de mesa, ficam armazenados nos níveis superiores da estante. Sendo que os tampos de mesa são aproveitados de mesas já existentes na Preh Portugal, estes devem ser recuperados e reforçados com um perfil metálico na superfície inferior. Na criação do conceito da estrutura dos tampos teve-se em atenção que estes iam transportar dispositivos pesados, logo por questões de segurança esta deve ser robusta, e que na zona inferior teria que haver espaço para caberem os garfos do empilhador. Como os dispositivos estão fixos ao tampo de mesa é possível movimentar os tampos de mesa sem pôr em risco a saúde dos operadores. Adicionalmente, os tampos devem ser esteticamente iguais para todas as linhas para que seja criada uma standardização. A criação de um conceito simples e eficaz e a standardização vai tornar mais simples o seu armazenamento bem como o encaixe na base de tampos (ver figura 7).

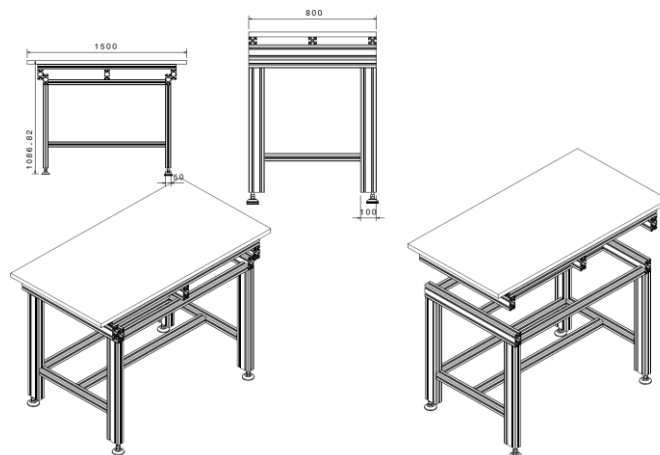


Figura 7 - Esquema do tampo de mesa e da base de tampos

De cada vez que esteja planeada a produção de um turno nesta linha os responsáveis pela linha devem ser notificados para que a mesma seja preparada. Duas horas antes do início de um turno de trabalho deve ser requisitado um empilhador e um operador para que este retire os tampos da estante e os coloque na base de tampos, ou seja, o operador é responsável por montar a linha de montagem no local destinado. É também necessária a intervenção da manutenção para que sejam feitas as ligações elétricas e de ar comprimido e garantir que os dispositivos iniciam o seu funcionamento corretamente. Numa estante ao lado devem estar organizados os componentes usados em cada linha de montagem e estes devem estar organizados por linha e posto de trabalho, devidamente identificados e protegidos. Quando for planeado o trabalho da linha deve existir uma carta de trabalho que indique todos os componentes usados na montagem do produto final e é da responsabilidade do operador colocar todos os componentes no posto de trabalho, nos locais assinalados. Este operador deve estar devidamente qualificado, isto é, deve conhecer todas as regras existentes no departamento da montagem e conhecer o método de funcionamento da linha onde vai operar. Isso é garantido se o operador estiver qualificado na matriz de qualificação e esta estiver assinada pelo próprio, pelo responsável de turno, pelo responsável do departamento da produção, pelo responsável do departamento da engenharia de processo e pelo responsável do departamento da qualidade.

A primeira linha analisada foi a linha FTE composta por 4 operações. A análise desta linha tornou-se crítica por ter dois dispositivos de grandes dimensões. Neste caso o pretendido era colocar o equipamento E1013050 num tampo e o dispositivo E1001132

noutro tampo juntamente com os dispositivos de pequenas dimensões: uma prensa manual, um ferro de solda, uma base de solda e um exaustor (ver figuras 8 a 12).



Figura 8 - Equipamento 1013050



Figura 9 - Equipamento 1001132



Figura 10 - Equipamento 1002564 (Prensa manual)



Figura 11 - Dispositivos de solda



Figura 12 - Equipamento 1003490 (Dispositivo de teste)

A linha GES, por ter dispositivos de pequenas dimensões (figuras 13 a 15), apenas ocupou um tampo composto por um dispositivo manual e por uma aparafusadora. No entanto, o dispositivo de teste final, como todos os outros, deve ficar fixo numa mesa com rodas e ser armazenado no nível 0 do armazenamento vertical.

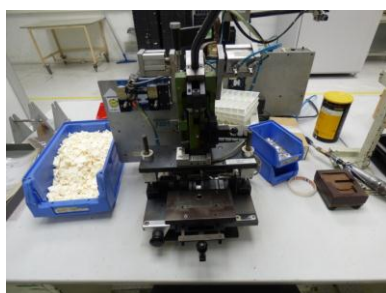


Figura 13 - Equipamento 1001131

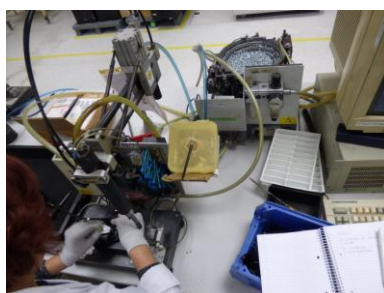


Figura 14 - Equipamento 1015977 (Aparafusadora)



Figura 15 - Equipamento 1003488 (Dispositivo de teste)

A linha do Audi interruptor é constituída por vários dispositivos (figuras 16 a 22) mas, sendo que estes são de pequenas dimensões, foi possível mantê-la apenas num

tampo de mesa. É necessário energia elétrica para dois dos dispositivos e uma ligação de ar comprimido para um dos dispositivos. O teste final também terá o seu lugar de armazenamento no nível 0 do armazenamento vertical e deve estar num suporte que seja possível de movimentar com rodas.



Figura 16 - Dispositivo de corte



Figura 17 - Equipamento 01900933



Figura 18 - Equipamento 1010414



Figura 19 - Equipamento 1010492



Figura 20 - Equipamento 1010567



Figura 21 - Base auxiliar



Figura 22 - Dispositivo de teste

A linha Zahngzegment é constituída apenas por uma operação. Esta linha possui dois dispositivos que produzem produtos idênticos (figuras 23 e 24). Por serem dois dispositivos de grandes dimensões e com quadros elétricos associados pretende-se que sejam criados suportes com rodas para cada um dos dispositivos e que cada um dos quadros elétricos fique por baixo do dispositivo para que o espaço ocupado por estes seja reduzido.



**Figura 23 - Equipamento
1013165**



**Figura 24 - Equipamento
1013166**

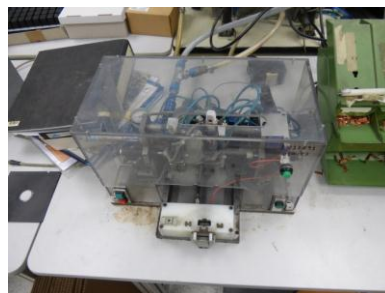
Na sequência das anteriores a linha Golf também é apenas constituída por um tampo apesar de ser constituída por 8 dispositivos (figuras 25 a 33). Estes dispositivos são de pequenas dimensões mas exigem que haja duas ligações de ar comprimido na base de tampos.



**Figura 25- Equipamento
1013165**



**Figura 26 - Equipamento
1006906**



**Figura 27 - Equipamento
1011891**



**Figura 28 - Equipamento
320070**



**Figura 29 - Equipamento
1011893**



**Figura 30 - Equipamento
1010505**



**Figura 31 - Equipamento
1010504**



**Figura 32 - Equipamento
1010325**



**Figura 33 - Dispositivo de
teste**

A linha AC Ventilação é composta por 4 dispositivos (figuras 34 a 35). Num dos dispositivos é necessária uma ligação de ar comprimido na base de tampos. Sendo que os dispositivos são de pequenas dimensões é possível montar a linha AC Ventilação em apenas um tampo de mesa.



Figura 34 - Equipamento 320143, Equipamento 320144, Equipamento 340247



Figura 35 - Equipamento 520079

As linhas E60/63 – M5/M6 (figuras 36 a 40), FDC (figura 41) e E87 – E90 – PL2 (figuras 42 a 51) são linhas antigas usadas na montagem de produtos para a BMW. Para estas linhas existem 4 dispositivos que serão tratados como dispositivos de teste, isto é, serão armazenados no nível 0 do armazenamento vertical. Para estas linhas são precisas no máximo de duas ligações de ar comprimido e duas ligações de energia elétrica.



Figura 36 - Equipamento 1020113



Figura 37 - Equipamento 1021351 e Equipamento 1021348



Figura 38 - Equipamento 1020075 (Aparafusadora e alimentador de parafusos)



Figura 39 - Equipamento 1020072



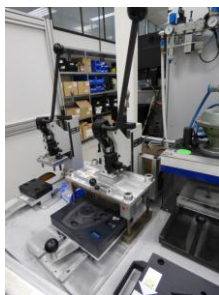
Figura 40 - Equipamento 1022057



Figura 41 - Equipamento 1026192



**Figura 42 - Equipamento
1020928**



**Figura 43 - Equipamento
1020516**



**Figura 44 - Equipamento
1018933**



**Figura 45 - Equipamento
1000795**



**Figura 46 - Aparafusadora
1019493 e dispensador de
parafusos**



**Figura 47 - Equipamento
1026189**



**Figura 48 - Equipamento
8700353**



**Figura 49 - Equipamento
1020931**



**Figura 50 - Equipamento
1019214**



**Figura 51 - Equipamento
1020518**

Após estudar todas as linhas que serão incluídas no armazenamento vertical concluiu-se que na base de tampos devem estar pelo menos três ligações de ar comprimido, três ligações de energia elétrica e uma ligação à rede interna da Preh

Portugal. Esta última é criada para o caso de posteriormente surgir essa necessidade pois qualquer linha pode ser incluída no armazenamento vertical mais tarde.

No estudo feito ao *layout* foi possível verificar que a zona libertada foram aproximadamente 90m², zona essa que ficará disponível para receber a nova linha Sony B479 a partir de Setembro de 2015 (figura 52).

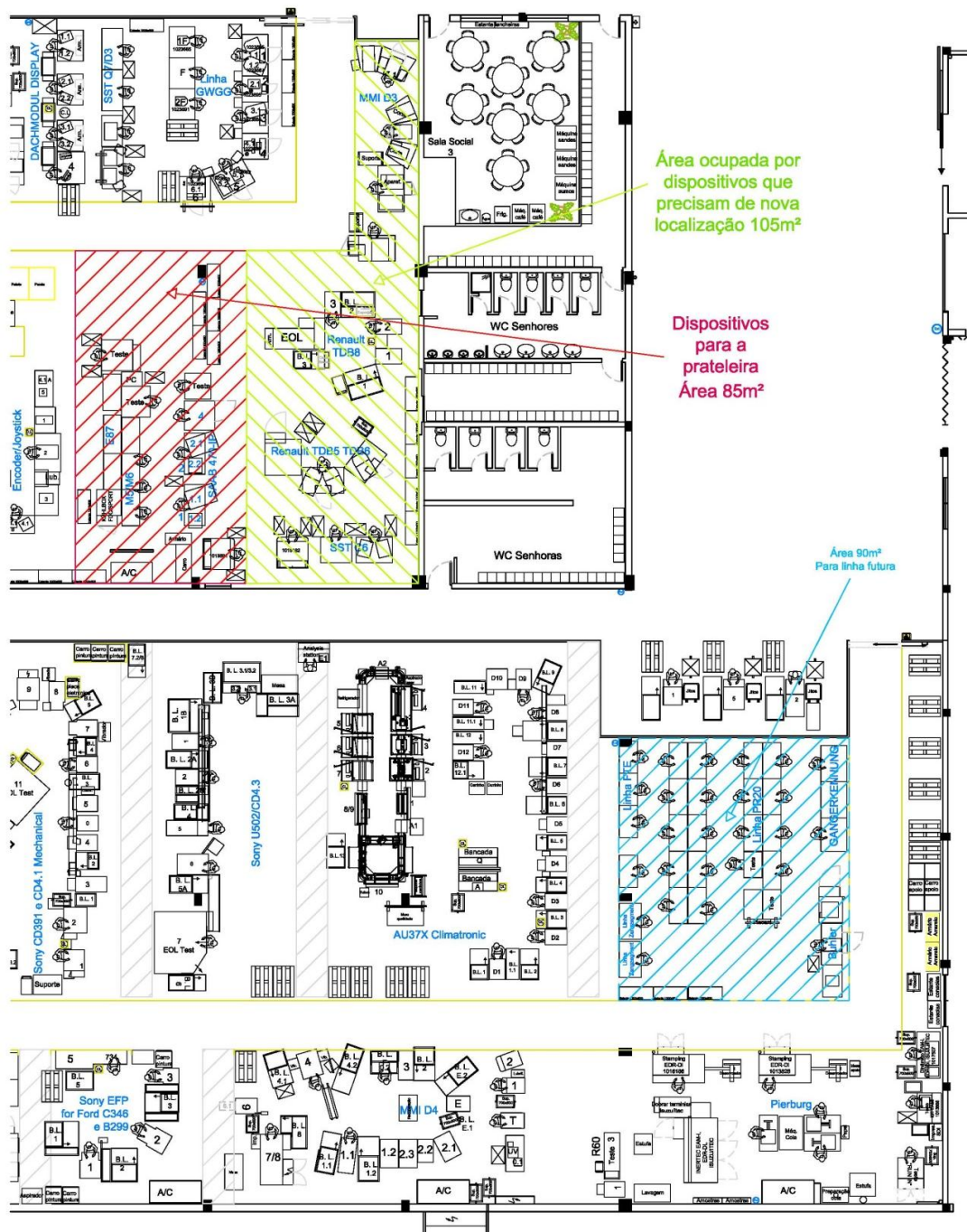


Figura 52 - Layout da situação atual

Azul – Área que irá ser libertada para a futura linha

Vermelho – Área que irá ser libertada, colocando os dispositivos na estante

Verde - Área que terá que ser disponibilizada num outro lugar

A zona representada a vermelho contém a linha SAAB que irá ser desativada por já não produzir e por isso sairá da área da montagem automóvel. Ainda nesta área existe uma estante para componentes que também deixará de estar neste local e os componentes passarão a ser armazenados na estante onde serão armazenados os componentes das linhas destinadas ao armazenamento vertical.

A zona representada a verde é a área destinada ao projeto armazenamento vertical. Para isso é necessário transferir as linhas Renault TDB8, Renault TDB5/TDB6 e MMI D3 (figura 53).

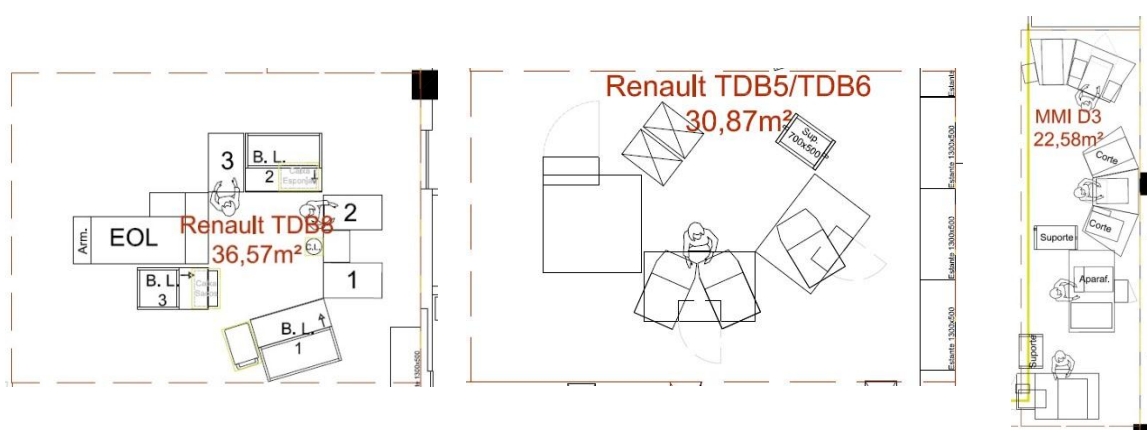


Figura 53 - Linhas que devem ser transferidas

As linhas a que serão transformadas em tampos de mesa e transferidas para o armazenamento vertical são as linhas dos produtos antigos da BMW e as linhas antigas da área 10 (linha FTE, GES, Golf, Audi interruptor, AC Ventil e Zahngzegment) (figura 54). A linha PR20 apenas será transferida para outra área mas continuará na mesma forma por ser uma linha que, apesar de antiga, trabalha de forma continuada (4 a 5 turnos por semana em média).

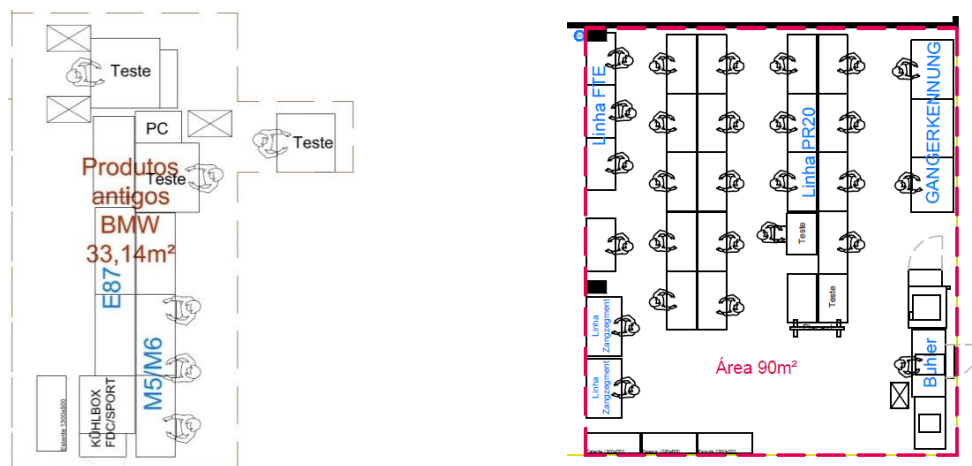


Figura 54 - Linhas de produtos antigos da BMW e linhas da área 10

Foi então importante calcular qual seria a área ganha com a execução do projeto:

Produtos BMW – 33,14m²

Estantes Componentes -5,20m²

Linha SAAB a ser desativada - 25m²

Linhas antigas área 10 – 90m²

Total – 153,34m²

Como parte do projeto de armazenamento vertical existem os dispositivos de teste, que devem ficar no Nível 0, que se encontravam a ocupar 22,5 m² (figura 55).

3.4. ANÁLISE DE DEFEITOS

Nas linhas do Cliente “S” existia uma necessidade, da parte do departamento da produção, em perceber quais eram os erros mais frequentes nas peças, para que pudessem ser mais rápida e facilmente resolvidos sendo os indicadores OEE insuficientes. Neste sentido foi criado um ficheiro em Excel que para tratar os dados de erro das peças que saiam do teste final. Para o tratamento de dados foram usadas macros em Excel e programação em VBA (*Visual Basic for Application*). Com o tratamento dos dados estes transformam-se em informação simples e facilmente interpretável por forma a perceber quais os erros mais frequentes e quais as quantidades produzidas em qualquer intervalo de tempo. Desta forma os responsáveis da produção podem obter o registo dos acontecimentos da linha em qualquer altura e lugar sem ser necessário estar presente na linha de montagem.

O ficheiro de análise de defeitos foi criado para 6 linhas do cliente “S” A linha “S500” serve como exemplo sendo que as outras linhas seguem o mesmo conceito e formato. Os dados exemplificativos são correspondentes à semana 19 do ano 2015. Para o produto “S500” existem 3 referências de produto final mas, no teste final desta linha, são testadas no total 5 referências de produto final: 3 correspondentes ao produto “S500” e 2 referentes ao produto “S700”.

Na linha “S500”, o teste final que corresponde a um prato rotativo com 8 estações de teste. A cada estação é dado o nome de “EOL 1 - Tubus”, “EOL 2 - Elétrico”, “EOL 3 - Torque”, “EOL 4 - Teclas”, “EOL 5 - Teclas”, “EOL 6 - Visão”, “EOL 7 - Pinos” e “EOL 8 – Impressão da Etiqueta final e Embalagem” (EOL – *End Of Line*). Existem também 8 “ninhos” (base de teste onde encaixa a peça e fica fixa para que não hajam oscilações durante o teste) e a peça roda por todas as estações de teste. Caso a peça não seja aprovada numa destas estações, já não é testada nas seguintes. Em todas as estações são verificados parâmetros como CAN, EEPROM e Misc que correspondem à comunicação da peça com o teste, à escrita dos dados logísticos no *software* da peça e a uma miscelânea de outros erros da peça. Na estação EOL1 a peça é lida pelo teste através da etiqueta de rastreabilidade, é verificada pelo operador no *tubus* e são testadas, no teste, a altura dos parafusos 5, 8, 9, 12, 19 e 20. Primeiro a peça é verificada “de dia”, isto é, a peça é verificada tanto desligada como acesa mas com a luz existente na área de montagem, para detetar a existência de riscos, manchas, entre outras imperfeições que possam existir na superfície da peça, bem como o deslocamento dos símbolos. Depois é verificada “de noite” onde, para esta verificação existe um *tubus* que

permite criar um ambiente escuro e verificar a peça acesa/iluminada. Após ter sido colocada a peça no “ninho”, o *tubus* baixa para o nível da peça para que o operador a possa ver acesa/iluminada e aprovar ou rejeitar a peça caso esta tenha defeitos de iluminação detetáveis a olho humano. Quando o operador aprova a peça nos parâmetros de visão por ele verificados, esta passa para a estação EOL2. No EOL2 são testadas teclas (*Sound, Eject, Hazard e Camera*), altura dos pinos, molas de metal, e DTCs. Na estação EOL3 é testado o torque do botão rotativo da peça, outro conjunto de teclas (*Blower_Dec e Blower_Inc*), as borrachas e as molas de plástico. Na estação seguinte, o EOL4, são testadas as teclas RT_CS, RT_HS, LFT_CS, LFT_HS, REAR_DEFROST, AUTO, DEFROST, MAX_AC, AC, MAX_DEFROST, RECIRC e DUAL, a altura dos parafusos 6, 7, 10 e 11 e o hardware e, no EOL5, são testadas outras teclas (RT_TEMP_DEC, LFT_TEMP_INC, RT_TEMP_INC, LFT_TEMP_DEC, RADIO_ON_OFF, TUNE_DEC, TUNE_INC, SEEK_LEFT, SEEK_RIGHT e CLIMATE_ON_OFF) e os parafusos 1, 2, 3, 4, 13, 14, 15, 16, 17 e 18. No EOL6 é feito um teste à visão e analisados os símbolos PARK_AID, CLIMATE, , ARK_AID_OFF, MAX_DEFROST, PA_ON_ISO, VOLUME, MAX_AC, AC, L_TEMP, DUAL, R_TEMP, DEFROST, SOUND, CAMERA, TUNE, AUTO, RECIRC, R_HEAT_SEAT, REAR_DEFROST, SEEK, CORONA, PA_ON, SONY, BLOWER, L_HEAT_SEAT, BLOWER_MINUS, BLOWER_PLUS, PA_OFF_ISO, PA_OFF, EJECT, R_COOLER_SEAT, PARK_AUTO, L_COOLER_SEAT e PASSENGER_AIRBAG. Por fim a estação EOL7 testa o CDSlot, o Hardware e os pinos (PinsCheck) e na estação EOL 8 é apenas colada a etiqueta na peça e a peça é retirada do teste. Depois deste processo a peça ou é embalada, caso tenha sido aprovada, ou rejeitada, caso tenha sido reprovada no teste. A estação EOL 8 não vai ser tratada pois esta não gera nenhum output para o ficheiro de defeitos, todos os defeitos são detetados nas outras estações de teste. Esta é apenas a estação final de onde a peça é retirada.

Através do programa de tratamento de dados é possível analisar a informação organizada. No separador “Geral” do Excel deve-se selecionar a data e hora de início e a data e hora de fim do intervalo de dados que se pretende analisar. Os dados de erro são guardados no separador “Errors” e essa informação é a base para que os dados sejam tratados. No separador “Qtys” é registada a quantidade de peças produzidas organizadas por referência. No documento de Excel existem ainda mais 8 separadores, o primeiro nomeado como “Estatística”, desenvolvido através da codificação de macros (anexo 1), onde se apresenta um resumo de cada uma das estações de teste e os restantes correspondem a cada uma das estações de teste e apresentam os dados detalhados.

No separador estatística (figura 56) existe em primeiro lugar uma tabela que representa a quantidade de erros existentes em cada estação de teste. Por sua vez, a segunda tabela mostra a quantidade de números de rastreabilidade (*TraceNr*) que reprovaram em cada estação, isto é, representa o número de peças que não foram aprovadas em cada estação. A diferença entre o número de peças e o número de erros é explicado pelo facto de haver peças que são testadas mais do que uma vez no teste final. O mesmo número de rastreabilidade pode ser testado mais do que uma vez e reprovado numa estação de teste mais do que uma vez. Sentiu-se a necessidade de criar esta segunda tabela para ter uma noção mais realista do número de peças que reprovaram. Abaixo dessa tabela consta o número de peças boas à saída do teste final no período selecionado e o número de peças que reprovaram no teste pelo menos uma vez. A partir destes valores calculou-se a terceira e quarta colunas da segunda tabela. A terceira coluna mostra, para este exemplo, que a quantidade de peças reprovadas no EOL3 representa 48% do total de peças que reprovaram pelo menos uma vez no teste final. No entanto, ao comparar com o número total de peças produzidas pela linha na semana 19 representa apenas 8% (coluna 4).

Analisando, pode-se verificar que a estação de teste mais crítica nesta semana foi o EOL3 onde se testa o torque do botão rotativo e a força de algumas teclas como acima descrito. Por sua vez, na estação 3, o defeito mais significativo presente nas peças foi o torque. No gráfico da estação 3 está presente a informação de que o torque foi o parâmetro que não foi aprovado pelo teste 515 vezes.

Como foi dito anteriormente, para se conseguir extrair este tipo de informação dos dados foi necessário programar macros (anexos 1 e 2). De seguida explicam-se, brevemente, alguns dos aspetos e condicionantes dessa programação.

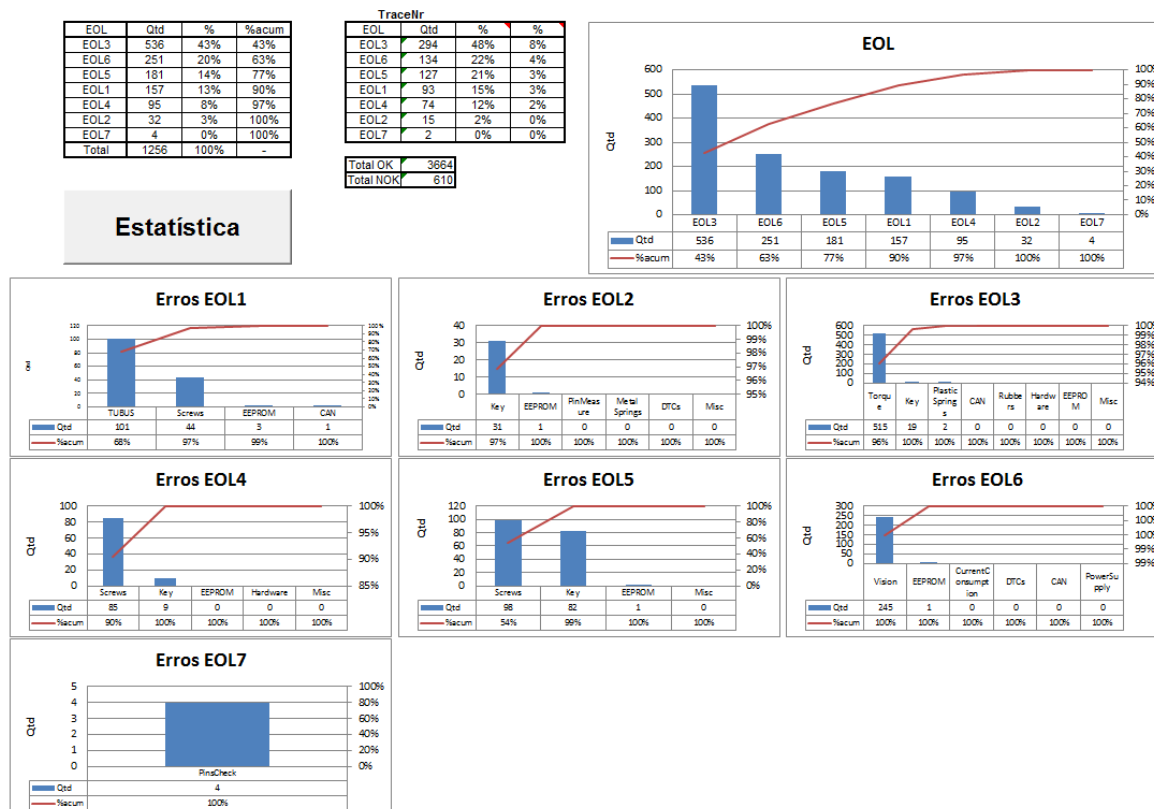


Figura 56 - Aspeto do programa da estatística de defeitos

No código de programação do separador “Estatística” (anexo 1) o primeiro comando apaga o conteúdo escrito nas colunas A a H de todos os separadores correspondentes a cada EOL o que faz com que, ao selecionar um novo intervalo de tempo para análise, os dados que serão escritos nas folhas de EOL sejam apenas os pretendidos e não estejam misturados com outros dados antigos. De seguida pretende-se que nos separadores de cada EOL (EOL1 corresponde à Folha5, EOL2 corresponde à Folha6, EOL3 corresponde à Folha7, EOL4 corresponde à Folha8, EOL5 corresponde à Folha9, EOL6 corresponde à Folha10, EOL7 corresponde à Folha11), nas primeiras três colunas, seja escrita a mesma informação que consta nas colunas 2, 3 e 7 (“PREH REF”) que correspondem à referência pelo qual o produto é identificado dentro da PP, ao “TraceNr” que corresponde ao número de rastreabilidade e é único para cada peça, e ao “ErrorDetails” que corresponde aos detalhes de erro pelo qual a peça não passou no teste, retirados do separador “Errors” (folha 4 do Exel). A informação que vai ser escrita na folha 5, ou seja, na folha do EOL 1 é apenas aquela que, na coluna 4 do separador “Errors”, começa por “EOL 1”. Isto é definido por um ciclo “for” e um ciclo “if”. A verificação é incremental e é feita linha a linha. No caso de na coluna D do separador

“Errors” dizer EOL 1, a informação das colunas 2, 3 e 7 dessa linha vão ser escritas no separador “EOL 1”. O mesmo acontece para os outros separadores EOL do ficheiro de Excel. Depois de todos os erros distribuídos pelos diferentes EOLs, foi feita a programação para que se criasse uma tabela onde na primeira coluna surge o nome de cada EOL (EOL1, EOL2, EOL3, ...) e na segunda coluna refere o número de erros que ocorreram em cada EOL. Por fim pretende-se que a coluna fique organizada pela ordem decrescente do número de erros para assim ser possível elaborar um diagrama de Pareto (uma das sete ferramentas da qualidade), que é uma forma de organização dos dados bastante útil para esta análise. Sendo que este ficheiro contribui para analisar os principais problemas das linhas do Cliente “S” e, conseqüentemente, descobrir as suas causas o diagrama de Pareto permite uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre os mesmos dado tratar-se de um gráfico de colunas que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, facilitando a priorização dos problemas.

Por exemplo, através dos diagramas de Pareto presentes na figura 56 é possível concluir que o maior problema são os defeitos de torque que, por sua vez, são detetados no EOL3. Por outro lado, os problemas que ocorrem no EOL7 não são tão relevantes face a outros mais graves.

A macro “Estatística” faz ainda com que os dados sejam apresentados no separador de cada EOL no seu formato original (tabela 13).

“Macros” (figura 65). Desta forma, os dados ainda por tratar (figura 66) são tratados e obtém-se a informação resumida por forma a facilitar a sua interpretação (figura 67).

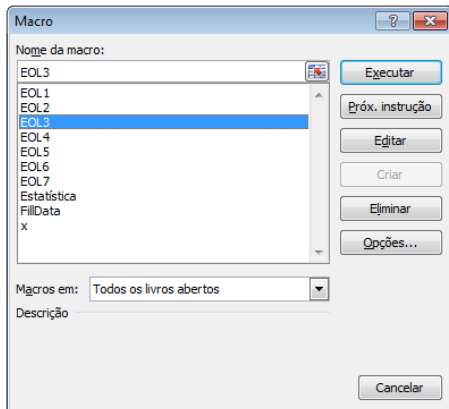


Figura 65 - Selecionar e executar macro EOL 3

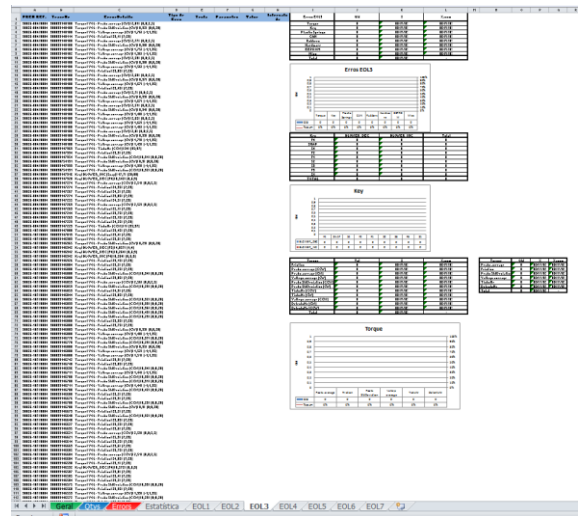


Figura 66 - Dados EOL 3 sem tratamento

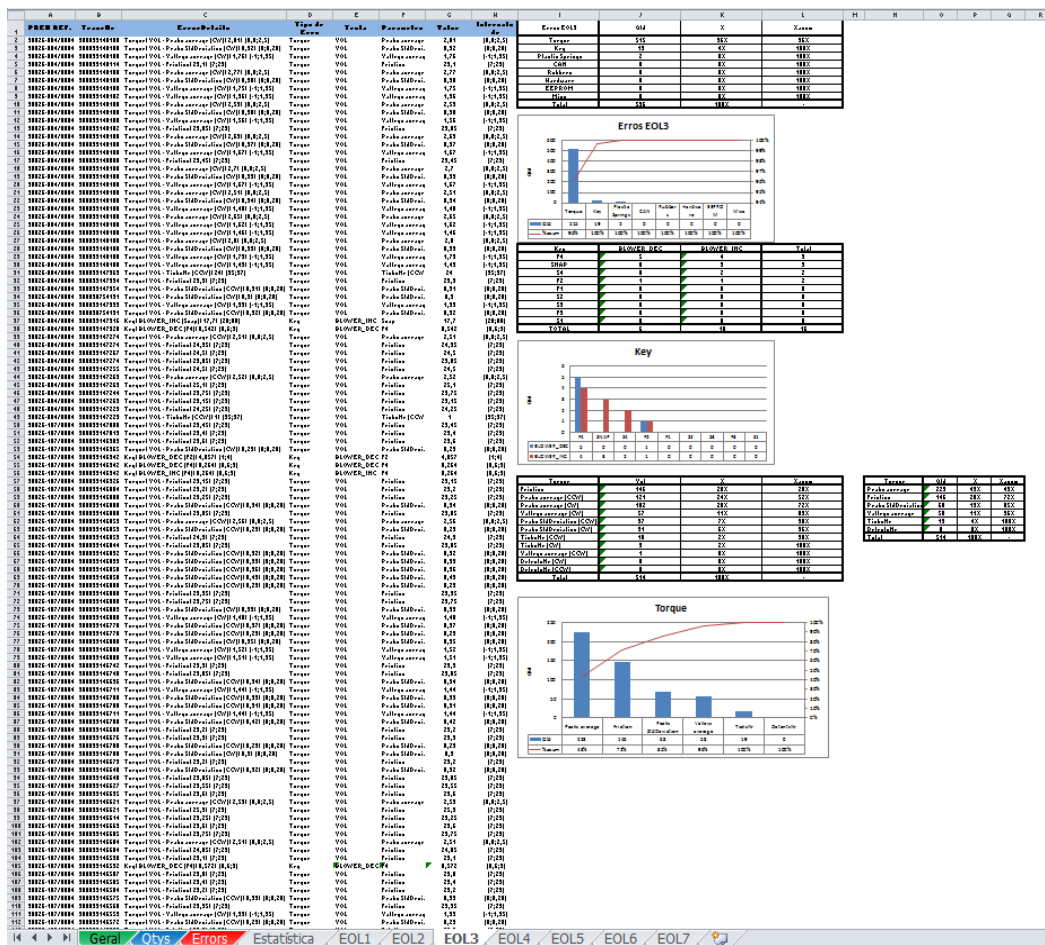


Figura 67 - Dados EOL 3 tratados

No separador EOL 3 quando se apresentam os dados tratados, a primeira tabela é a seguinte (tabela 14):

Tabela 14 - Contagem de defeitos EOL 3

Erros EOL3	Qtd	%	%acum
Torque	515	96%	96%
Key	19	4%	100%
Plastic Springs	2	0%	100%
CAN	0	0%	100%
Rubbers	0	0%	100%
Hardware	0	0%	100%
EEPROM	0	0%	100%
Misc	0	0%	100%
Total	536	100%	-

Na tabela 14 está representada a quantidade de erros de cada tipo que ocorreram na estação 3 do teste final. A última linha da tabela corresponde ao somatório das linhas anteriores. A terceira coluna corresponde à percentagem que cada tipo de erro representa, isto é, os erros de torque representam 96% dos erros totais que aconteceram no EOL 3. Por sua vez a percentagem acumulada, presente na quarta coluna da mesma tabela, surge para possibilitar a criação do diagrama de Pareto (figura 68).

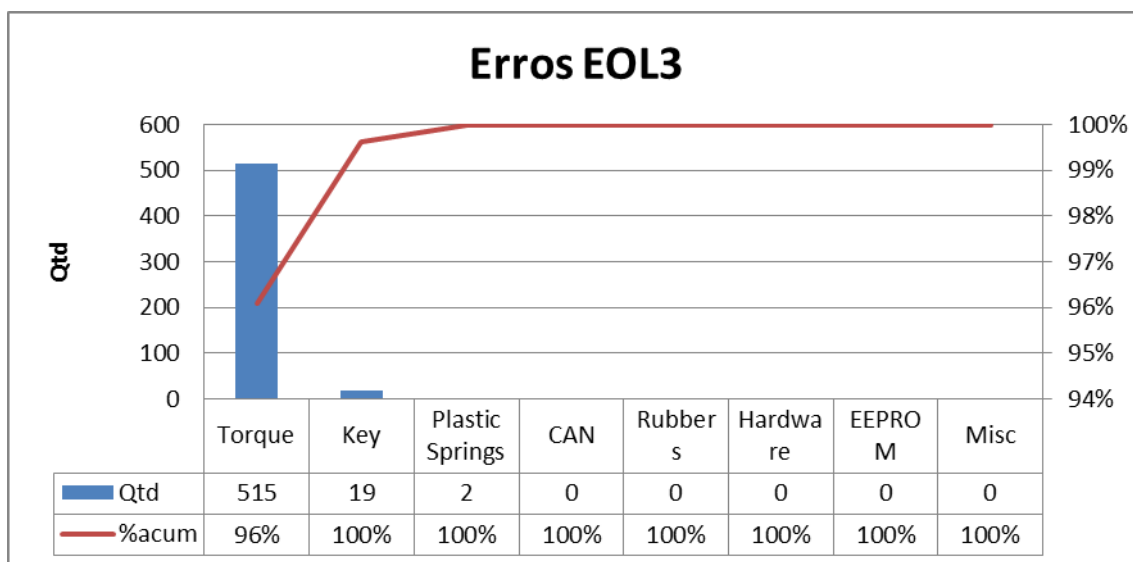


Figura 68- Diagrama de Pareto dos erros ocorridos no EOL 3

Sabendo-se que o maior problema desta estação são os erros de torque, é necessário, de seguida, analisar qual é o erro de torque mais crítico. Esses erros estão descritos na terceira e na quarta tabela do separador EOL 3. A tabela 15 - mostra os erros ocorridos na estação EOL 3 conforme são descritos pelo teste final. Estes são discriminados entre “CW” e “CCW” que significam que o erro foi detetado enquanto o teste rodava o botão no sentido dos ponteiros do relógio ou no sentido contrário aos ponteiros do relógio respetivamente. Para facilitar esta análise criou-se uma outra tabela de resumo onde se separam os erros por tipo de erro de torque (tabela 16).

Tabela 15 - Discriminação dos erros de torque que ocorreram no EOL 3

Torque	Vol	%	%acum
Friction	146	28%	28%
Peaks average (CCW)	121	24%	52%
Peaks average (CW)	102	20%	72%
Valleys average (CW)	57	11%	83%
Peaks StdDeviation (CCW)	37	7%	90%
Peaks StdDeviation (CW)	31	6%	96%
TicksNr (CCW)	10	2%	98%
TicksNr (CW)	9	2%	100%
Valleys average (CCW)	1	0%	100%
DetentsNr (CW)	0	0%	100%
DetentsNr (CCW)	0	0%	100%
Total	514	100%	-

Tabela 16 - Resumo dos erros de torque que ocorreram no EOL 3

Torque	Qtd	%	%acum
Peaks average	223	43%	43%
Friction	146	28%	72%
Peaks StdDeviation	68	13%	85%
Valleys average	58	11%	96%
TicksNr	19	4%	100%
DetentsNr	0	0%	100%
Total	514	100%	-

Com os dados da tabela 16 é possível criar outro o diagrama de Pareto para os erros de torque do EOL 3. Neste caso, os erros de “Peaks average” são os que mais frequentemente ocorreram na semana 19, que foi a semana analisada (figura 69).

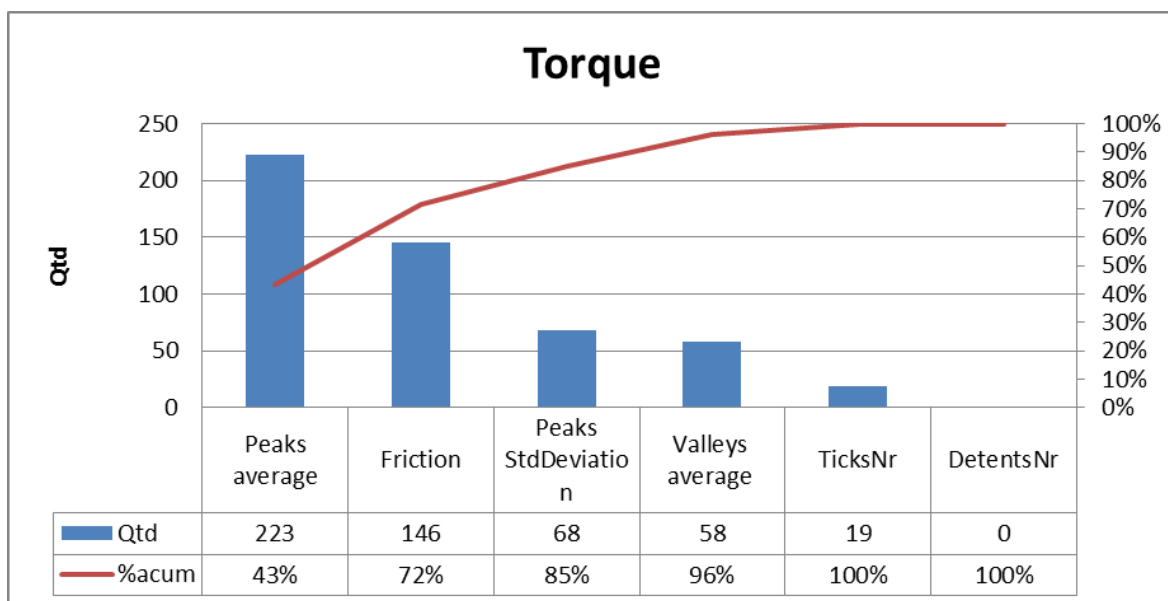


Figura 69 - Diagrama de Pareto dos erros de torque que ocorreram no EOL 3

O intervalo de aceitação para o parâmetro “*Peaks average*” é [0,8;2,5] e ocorreram 223 erros de peças que, ao serem testadas, apresentavam esse valor fora dos limites de especificação. A média dos valores que ocorreram no teste é 2,64 e a moda é 2.51. A Figura 70 representa o gráfico que mostra a distribuição dos erros *peaks average* que se incluem no intervalo [2,51;4,00] sendo que o valor mínimo fora das especificações foi 2,51 e o valor máximo foi 3,85.

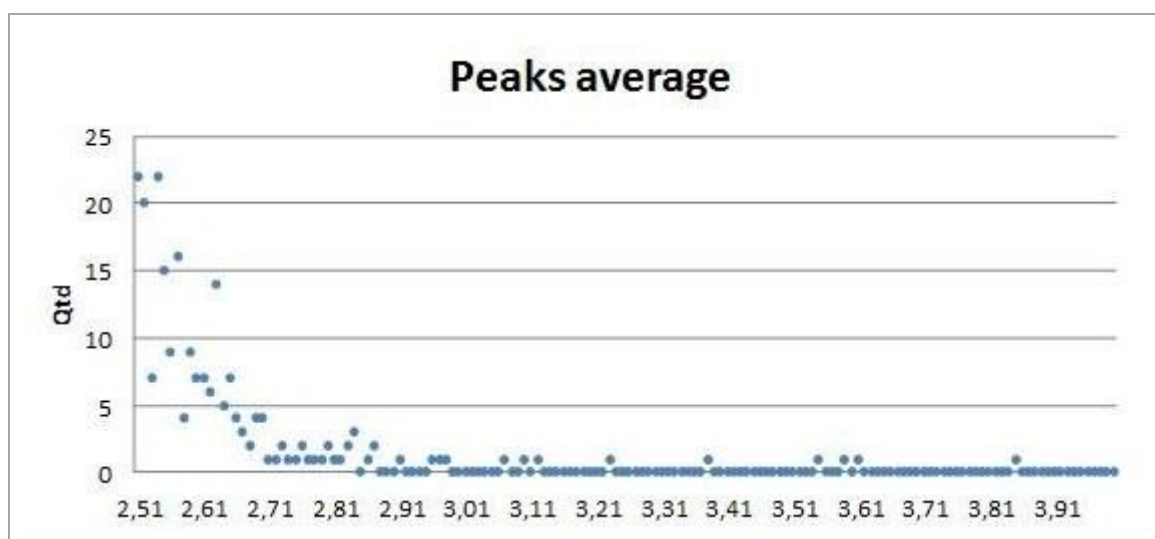


Figura 70 - Distribuição dos erros Peaks Average

A título de exemplo o código para a folha EOL 3 encontra-se em anexo (anexo 2) e é, aqui, brevemente explicado.

A primeira função do código de programação conta o número de defeitos que ocorreram na respetiva estação de teste (EOL3). A variável “m” toma o valor do número da linha onde se encontra o último defeito.

Na quarta coluna surge o tipo de defeito. Por exemplo, na frase de erro “Torque | VOL - Friction | 23,1 | [7;23]” o tipo de erro é “Torque” e na frase de erro “Key | BLOWER_INC (Snap) | 17,7 | [20;80]” o tipo de erro é “Key”. Assim sendo, o que se pretende é que, para o tipo de erro, sejam devolvidos os caracteres da frase de erro, que se encontra na mesma linha mas na coluna anterior, até que seja encontrado o carácter “|”.

Sabendo qual é o tipo de erro, na coluna seguinte pretende-se analisar em que tecla ocorreu o erro. Por exemplo, na frase de erro “Torque | VOL - Friction | 23,1 | [7;23]” a tecla onde ocorreu o erro é “VOL” e na frase de erro “Key | BLOWER_INC (Snap) | 17,7 | [20;80]” a tecla onde ocorreu o erro é “BLOWER_INC”. Foi usada a função “select case” para distinguir as situações. No primeiro exemplo, ou seja, quando o tipo de erro é o “Torque”, pretende-se que se encontre o carácter “|” e se escreva os caracteres seguintes até que se encontre o carácter “-”; no segundo exemplo, quando o tipo de erro é “Key”, para que seja devolvido o nome da tecla onde foi detetado o erro pretende-se que se encontre o carácter “|” e se escreva os caracteres seguintes até que se encontre o carácter “(“.

Depois de saber qual é o tipo de erro e em que tecla ocorreu, pretende-se saber qual foi o parâmetro de erro cujo valor não está dentro dos limites estabelecidos. Por exemplo, na frase de erro “Torque | VOL - Friction | 23,1 | [7;23]” o parâmetro de erro é “Friction” e na frase de erro “Key | BLOWER_INC (Snap) | 17,7 | [20;80]” o parâmetro de erro é “Snap”. No caso do erro “Torque”, pretende-se que se escreva o texto entre o carácter “-“ e a segunda “|”; no caso do erro “Key” pretende-se que se escreva o texto que se encontra dentro de parêntesis, ou seja, os caracteres a ser procurados são “(“ e “)”. Assim obtemos o valor do erro na sétima coluna da folha Excel. Na oitava coluna apenas consta o intervalo onde estão representados os limites inferior e superior para que, ao ser feita a análise, seja mais intuitivo perceber se os valores se encontram muito ou pouco afastados dos limites.

A informação resumida encontra-se nas tabelas e gráficos do lado direito (figura 67). A primeira tabela e correspondente gráfico apresentam o resumo dos tipos de defeitos. O código VBA correspondente encontra-se no anexo 2 a seguir ao comentário “Escrever defeitos”. A tabela possui 8 linhas correspondentes aos 8 tipos de defeitos detetáveis nesta estação de teste (*Torque, CAN, Key, Rubbers, Hardware, EEPROM, Plastic Springs e Misc*) e, no final, uma linha que representa o somatório, ou seja o total de defeitos encontrados na estação EOL3.

Por fim, no código de programação repete-se quatro vezes de forma semelhante por forma a fazer a ordenação, por ordem decrescente, das quatro tabelas presentes neste separador. Pretende-se que a quantidade de erros seja ordenada de forma decrescente para que destas tabelas resultem diagramas de Pareto. A análise de defeitos é facilitada com diagramas deste tipo pois é intuitivo detetar qual o defeito que ocorre com mais frequência e qual é a percentagem que esse tipo de defeito representa na totalidade.

O gráfico que representa o resumo da quantidade de defeitos que ocorreram de cada tipo é copiado e colado no separador “Estatística” que é o separador resumo de todas as estações. O maior destes gráficos, e que se encontra mais acima na figura 56, dá-nos a informação de quais foram as estações de teste por onde passaram maior quantidade de peças com defeito ordenadas por ordem crescente. Abaixo seguem-se os gráficos resumo de cada estação para que, depois de verificar qual a estação mais crítica, seja fácil procurar qual o tipo de defeito que mais ocorre nessa estação.

Esta análise de defeitos acabou por se tornar bastante útil e foi alargada a todas as linhas do Cliente “S”. Deste modo, foi possível ter uma noção da quantidade real de defeitos que ocorrem e perceber se eles realmente são significativos. Por outro lado, foi também possível analisar o quão distantes os valores dos defeitos estão em relação aos valores limite. Nas situações em que os valores do erro estão muito próximos dos valores limite especificados e a diferença não é detetável a olho humano, o departamento da qualidade deve fazer uma análise que inclua medições em laboratório e autorizar, ou não, a alteração dos parâmetros do teste a ser feita pela engenharia de *software*. Estas variações por vezes devem-se a variações de material que, por serem plásticos na sua maioria, têm uma variabilidade maior do que aquela que seria desejável.

A resolução dos problemas tornou-se mais eficiente e, na maioria dos casos, mais eficaz. O tempo de reação tornou-se consideravelmente mais reduzido. Era notória a necessidade da existência de um ficheiro que compilasse todos os dados disponíveis e

que fosse possível consultar a qualquer altura, em qualquer lugar e por qualquer pessoa. A criação deste ficheiro permitiu também que os defeitos fossem melhor compreendidos por toda a equipa.

A elaboração do projeto foi composta por três fases sendo que se iniciou na pesquisa, aquisição de conhecimentos e posterior implementação de um sistema *kanban* na linha laser universal; seguiu-se o estudo para criação do conceito do armazenamento vertical e planificação do mesmo e por fim, a ultima fase do projeto, consistiu no desenvolvimento de ficheiros de análise de defeitos para as linhas do cliente “S” que vieram tornar mais fácil a resolução de problemas. No mesmo sentido, surge, no capítulo seguinte, uma reflexão e conclusões de todo o projeto.

4. CONCLUSÕES

O projeto desenvolvido incidiu na aplicação de técnicas de melhoria contínua, baseadas na metodologia *kaizen*, no departamento da montagem automóvel na empresa Preh Portugal, Lda.

A empresa apresenta um nível de rigor bastante elevado e o compromisso com a melhoria contínua por parte de todos é notório. Assim sendo, todos os projetos de melhoria contínua implementados foram bem recebidos e concluídos com sucesso.

O primeiro projeto, a implementação do sistema *kanban* nas linhas laser universal, trouxe mais agilidade ao planeamento da produção para essa linha. Os operadores têm agora um sistema de gestão visual intuitivo que facilita a compreensão das quantidades que devem ser produzidas e por que ordem. Verificou-se, neste caso, que a gestão visual facilita a compreensão das tarefas tanto para colaboradores já efetivos na empresa, como para novos colaboradores. No mesmo sentido, facilita ainda o processo de formação de colaboradores e de adaptação às tarefas pois o seu entendimento é mais intuitivo. Sendo que as outras linhas de montagem são clientes da linha laser universal, pôde-se verificar que toda a procura dos clientes era satisfeita nas quantidades certas e no período de tempo estipulado. Conclui-se assim, que a estratégia adotada na criação do sistema *kanban*, foi adequada. As localizações de cada referência de material foram criadas no bordo de linha com as respetivas quantidades que devem ser abastecidas e produzidas. Foram eliminados desperdícios tais como produção em excesso e tempo de pessoas paradas pois era necessário que o operador do comboio logístico comunicasse com os operadores da linha laser para saber quais eram as necessidades da linha.

O projeto do armazenamento vertical, apesar de ter sido planeado e estruturado apenas vai ser implementado posteriormente. Este projeto consiste na criação de um conceito inovador de armazenamento de linhas que não trabalham de forma continuada. Este projeto foi desafiante no sentido de que se tratava de um conceito novo não existindo um modelo a ser seguido. Foi necessário fazer um estudo da cadência de produção de cada linha para garantir que não existem conflitos entre linhas planeadas. Tendo em conta que a filosofia *kaizen* visa o envolvimento de todos, foi ainda necessário conseguir o comprometimento dos colaboradores para a melhoria contínua e, nesse sentido, garantir a sua motivação. Para isso é importante que a informação seja

transparente, e todas as ações tomadas devem ser explicadas aos colaboradores, para que entendam a origem da alteração. O risco está sempre associado às alterações e estas podem nem sempre ser bem-sucedidas.

Por último o projeto de análise de defeitos foi aquele em se verificaram, mais rapidamente, melhorias. Com este programa é possível identificar quais os problemas mais graves do produto e encontrar as soluções. Por vezes concluiu-se que a peça tinha um defeito que precisava de ser resolvido e imediatamente se tomavam ações de contenção, outras vezes percebia-se que havia uma avaria mecânica de teste ou até um erro de *software*. O facto de todos os dados estarem compilados num só ficheiro veio tornar a análise muito mais rápida e eficaz. Tendo sido verificado o sucesso desta análise no produto “S500” a mesma foi adaptada a todos os produtos do Cliente “S”. Para outros clientes como BMW e Audi existem ficheiros de análise de defeitos mas num formato diferente. Seria vantajoso no futuro criar um ficheiro *standard* para todas as linhas.

Uma das limitações deste projeto é o facto de não ser ainda possível verificar os resultados obtidos de todas as alterações efetuadas. A nível visual, houve várias mudanças como a alteração de *layout* para a implementação do *kanban* do laser universal e também ao nível da organização de bordo de linha. No armazenamento vertical as mudanças só chegarão mais tarde mas serão muito significativas em termos visuais.

No futuro é necessário monitorizar o funcionamento do sistema *kanban* pois a Preh vai receber novos produtos o que significa que entrarão novas referências na linha laser, as quais devem integrar o sistema *kanban*. Seria também vantajoso alargar o funcionamento do sistema *kanban* para a linha Laser 5 que apenas iniciou o seu funcionamento no departamento da produção em meados de fevereiro de 2015 e é composta apenas por um dispositivo tendo um funcionamento semelhante à linha laser universal. Também no futuro será interessante perceber se o conceito de armazenamento vertical funciona e não afeta o desempenho (tanto a nível da qualidade das peças como dos *lead times*) das linhas. Vai ser também necessário fazer ajustes depois da sua implementação. Teria também interesse definir critérios como forma de perceber quando é que uma linha pode e/ou deve integrar o armazenamento vertical.

Em suma ao adotar a filosofia *kaizen* não significa cumprir uma série de regras que vêm num manual, mas sim, compreender o conceito, compreender as técnicas, assumir um compromisso e ter motivação para melhorar todos os dias e em todos os lugares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Coimbra, Euclides A. (2013), “Kaizen in Logistics and Supply Chains”, 9ª Edição, McGraw Hill Education, USA.

Ohno, T. (1988), “Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production”. Productivity Press, USA

Gross, John M. (2003), “*Kanban* made simple“, Amacom, New York, USA.

The Productivity Press Development Team (2002), “*Kanban* for the shopfloor”, Productivity Press, New York, USA.

ANEXOS

ANEXO 1 – CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO ESTATÍSTICA

Sub Estatística()

Dim a, m, n, o, p, q, r, s As Integer

Dim Station As String

m = 2

n = 2

o = 2

p = 2

q = 2

r = 2

s = 2

Worksheets("EOL1").Range("A2:G5000").ClearContents

Worksheets("EOL2").Range("A2:H5000").ClearContents

Worksheets("EOL3").Range("A2:H5000").ClearContents

Worksheets("EOL4").Range("A2:H5000").ClearContents

Worksheets("EOL5").Range("A2:H5000").ClearContents

Worksheets("EOL6").Range("A2:H5000").ClearContents

Worksheets("EOL7").Range("A2:E5000").ClearContents

For a = 2 To 5000

Station = Left(Folha4.Cells(a, 4), 5)

If Left(Folha4.Cells(a, 2), 9) <> "90026-095" And Left(Folha4.Cells(a, 2), 9) <> "90026-096" Then

Select Case Station

Case "EOL 1"

Folha5.Cells(m, 1) = Folha4.Cells(a, 2)

Folha5.Cells(m, 2) = Folha4.Cells(a, 3)

Folha5.Cells(m, 3) = Folha4.Cells(a, 7)

m = m + 1

Case "EOL 2"

Folha6.Cells(n, 1) = Folha4.Cells(a, 2)

Folha6.Cells(n, 2) = Folha4.Cells(a, 3)

Folha6.Cells(n, 3) = Folha4.Cells(a, 7)

n = n + 1

Case "EOL 3"

Folha7.Cells(o, 1) = Folha4.Cells(a, 2)

Folha7.Cells(o, 2) = Folha4.Cells(a, 3)
Folha7.Cells(o, 3) = Folha4.Cells(a, 7)
o = o + 1

Case "EOL 4"

Folha8.Cells(p, 1) = Folha4.Cells(a, 2)
Folha8.Cells(p, 2) = Folha4.Cells(a, 3)
Folha8.Cells(p, 3) = Folha4.Cells(a, 7)
p = p + 1

Case "EOL 5"

Folha9.Cells(q, 1) = Folha4.Cells(a, 2)
Folha9.Cells(q, 2) = Folha4.Cells(a, 3)
Folha9.Cells(q, 3) = Folha4.Cells(a, 7)
q = q + 1

Case "EOL 6"

Folha10.Cells(r, 1) = Folha4.Cells(a, 2)
Folha10.Cells(r, 2) = Folha4.Cells(a, 3)
Folha10.Cells(r, 3) = Folha4.Cells(a, 7)
r = r + 1

Case "EOL 7"

Folha11.Cells(s, 1) = Folha4.Cells(a, 2)
Folha11.Cells(s, 2) = Folha4.Cells(a, 3)
Folha11.Cells(s, 3) = Folha4.Cells(a, 7)
s = s + 1

End Select

End If

Next a

Folha2.Cells(3, 3) = m - 2
Folha2.Cells(4, 3) = n - 2
Folha2.Cells(5, 3) = o - 2
Folha2.Cells(6, 3) = p - 2
Folha2.Cells(7, 3) = q - 2
Folha2.Cells(8, 3) = r - 2
Folha2.Cells(9, 3) = s - 2

Folha2.Cells(3, 2) = "EOL1"
Folha2.Cells(4, 2) = "EOL2"
Folha2.Cells(5, 2) = "EOL3"

```

Folha2.Cells(6, 2) = "EOL4"
Folha2.Cells(7, 2) = "EOL5"
Folha2.Cells(8, 2) = "EOL6"
Folha2.Cells(9, 2) = "EOL7"

Sheets("Estatística").Select
Folha2.Range("B3:C9").Select
    ActiveWorkbook.Worksheets("Estatística").Sort.SortFields.Clear
    ActiveWorkbook.Worksheets("Estatística").Sort.SortFields.Add key:=Range("C3:C9"), _
        SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("Estatística").Sort
    .SetRange Range("B3:C9")
    .Header = xlGuess
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With

Sheets("Estatística").Select
Folha2.Range("H3:H9").Select
    ActiveWorkbook.Worksheets("Estatística").Sort.SortFields.Clear
    ActiveWorkbook.Worksheets("Estatística").Sort.SortFields.Add key:=Range("H3") _
        , SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption:= _
        xlSortTextAsNumbers
With ActiveWorkbook.Worksheets("Estatística").Sort
    .SetRange Range("H3:H9")
    .Header = xlNo
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With

End Sub

```


ANEXO 2 – CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO DO EOL 3

```
Sub EOL3()  
Dim a, b, f, torque, can, key, rubber, hardware, misc, eeprom, springs As Integer  
Dim parametro As String  
  
torque = 0  
can = 0  
key = 0  
rubber = 0  
hardware = 0  
eeprom = 0  
springs = 0  
misc = 0  
  
'Contar defeitos  
m = 1  
For a = 2 To 5000  
If Folha7.Cells(a, 1) <> "" Then  
m = m + 1  
Else  
a = 5000  
End If  
Next a  
  
'Copiar tipo de defeito  
For a = 2 To m  
If Folha7.Cells(a, 3) <> "" Then  
Folha7.Cells(a, 4).FormulaR1C1 = "=MID(RC[-1],1,FIND("|",RC[-1],1)-2)"  
Else  
Folha7.Cells(a, 4) = ""  
End If  
Next a  
  
'Copiar e contar defeito específico  
For a = 2 To m  
If Folha7.Cells(a, 4) <> "" Then  
parametros = Folha7.Cells(a, 4)  
  
Select Case parametros
```

Case "Torque"

Folha7.Cells(a, 5).FormulaR1C1 = "=TRIM(MID(RC[-2],FIND("|",RC[-2],1)+1,FIND("-",RC[-2],1)-FIND("|",RC[-2],1)-1))"

Folha7.Cells(a, 6).FormulaR1C1 = "=IFERROR(trim(MID(RC[-3],FIND("-",RC[-3],1)+1,FIND("|",RC[-3],FIND("-",RC[-3],1)+2)-FIND("-",RC[-3],1)-1)), "")"

If Folha7.Cells(a, 6) <> "" Then

Folha7.Cells(a, 7).FormulaR1C1 = "=TRIM(MID(RC[-4],FIND("|",RC[-4],FIND("-",RC[-4],1))+1,FIND("|",RC[-4],FIND("|",RC[-4],FIND("-",RC[-4],1))+2)-FIND("|",RC[-4],FIND("-",RC[-4],1)-1))"

Folha7.Cells(a, 8).FormulaR1C1 = "=TRIM(MID(RC[-5],FIND("[",RC[-5],1),FIND("]",RC[-5],1)-FIND("[",RC[-5],1)+1))"

End If

torque = torque + 1

Case "CAN"

Folha7.Cells(a, 5).FormulaR1C1 = "=trim(MID(RC[-2],FIND("|",RC[-2],1)+1,50))"

can = can + 1

Case "Key"

Folha7.Cells(a, 5).FormulaR1C1 = "=trim(MID(RC[-2],FIND("|",RC[-2],1)+1,FIND(" ",RC[-2],FIND("|",RC[-2],1)+2)-FIND("|",RC[-2],1)-1))"

Folha7.Cells(a, 6).FormulaR1C1 = "=iferror(trim(MID(RC[-3],FIND("(",RC[-3],1)+1,FIND(")",RC[-3],1)-FIND("(",RC[-3],1)-1)), "")"

If Folha7.Cells(a, 6) <> "" Then

Folha7.Cells(a, 7).FormulaR1C1 = "=TRIM(MID(RC[-4],FIND("|",RC[-4],FIND(")",RC[-4],1))+1,FIND("|",RC[-4],FIND(")",RC[-4],1)+4)-FIND("|",RC[-4],FIND(")",RC[-4],1)-1))"

Folha7.Cells(a, 8).FormulaR1C1 = "=TRIM(MID(RC[-5],FIND("[",RC[-5],1),FIND("]",RC[-5],1)-FIND("[",RC[-5],1)+1))"

End If

key = key + 1

Case "Rubbers"

Folha7.Cells(a, 5).FormulaR1C1 = "=trim(MID(RC[-2],FIND("|",RC[-2],1)+1,FIND("|",RC[-2],11)-FIND("|",RC[-2],1)-1))"

Folha7.Cells(a, 6).FormulaR1C1 = "=RIGHT(RC[-1],1)"

Folha7.Cells(a, 7).FormulaR1C1 = "=TRIM(MID(RC[-4],FIND("|",RC[-4],FIND("|",RC[-4],1)+2)+1,FIND("|",RC[-4],FIND("|",RC[-4],FIND("|",RC[-4],1)+2)+1)-FIND("|",RC[-4],FIND("|",RC[-4],1)+2)-1))"

Folha7.Cells(a, 8).FormulaR1C1 = "=TRIM(MID(RC[-5],FIND("[",RC[-5],1),FIND("]",RC[-5],1)-FIND("[",RC[-5],1)+1))"

rubber = rubber + 1

Case "Hardware"

Folha7.Cells(a, 5).FormulaR1C1 = "=trim(MID(RC[-2],FIND("|",RC[-2],1)+1,50))"

hardware = hardware + 1

Case "EEPROM"

Folha7.Cells(a, 5).FormulaR1C1 = "=trim(MID(RC[-2],FIND("""|""",RC[-2],1)+1,50))"

eprom = eeprom + 1

Case "Springs"

Folha7.Cells(a, 5).FormulaR1C1 = "=TRIM(MID(RC[-2],FIND("""|""",RC[-2],1)+8,FIND("""|""",RC[-2],FIND("""|""",RC[-2],1)+2)-FIND("""|""",RC[-2],1)-11))"

Folha7.Cells(a, 6).FormulaR1C1 = "=RIGHT(TRIM(MID(RC[-3],FIND("""|""",RC[-3],1)+1,FIND("""|""",RC[-3],10)-FIND("""|""",RC[-3],1)-1)),1)"

Folha7.Cells(a, 7).FormulaR1C1 = "=TRIM(MID(RC[-4],FIND("""|""",RC[-4],FIND("""|""",RC[-4],1)+2)+1,FIND("""|""",RC[-4],FIND("""|""",RC[-4],FIND("""|""",RC[-4],1)+2)+1)-FIND("""|""",RC[-4],FIND("""|""",RC[-4],1)+2)-1))"

Folha7.Cells(a, 8).FormulaR1C1 = "=TRIM(MID(RC[-5],FIND("""|""",RC[-5],1),FIND("""|""",RC[-5],1)-FIND("""|""",RC[-5],1)+1))"

springs = springs + 1

Case "Misc"

misc = misc + 1

End Select

End If

Next a

'Escrever defeitos

Folha7.Cells(2, 9) = "Torque"

Folha7.Cells(2, 10) = torque

Folha7.Cells(3, 9) = "CAN"

Folha7.Cells(3, 10) = can

Folha7.Cells(4, 9) = "Key"

Folha7.Cells(4, 10) = key

Folha7.Cells(5, 9) = "Rubbers"

Folha7.Cells(5, 10) = rubber

Folha7.Cells(6, 9) = "Hardware"

Folha7.Cells(6, 10) = hardware

Folha7.Cells(7, 9) = "EEPROM"

Folha7.Cells(7, 10) = eeprom

Folha7.Cells(8, 9) = "Plastic Springs"

Folha7.Cells(8, 10) = springs

Folha7.Cells(9, 9) = "Misc"

Folha7.Cells(9, 10) = misc

'Pareto

Sheets("EOL3").Select


```

Folha7.Range("I2:J9").Select
ActiveWorkbook.Worksheets("EOL3").Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("EOL3").Sort.SortFields.Add key:=Range("J2:J9"), _
    SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("EOL3").Sort
    .SetRange Range("I2:J9")
    .Header = xlGuess
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With

```

```

Sheets("EOL3").Select
Folha7.Range("I28:L36").Select
ActiveWorkbook.Worksheets("EOL3").Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("EOL3").Sort.SortFields.Add key:=Range("L28:L36"), _
    SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("EOL3").Sort
    .SetRange Range("I28:L36")
    .Header = xlGuess
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With

```

```

Sheets("EOL3").Select
Folha7.Range("I58:J68").Select
ActiveWorkbook.Worksheets("EOL3").Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("EOL3").Sort.SortFields.Add key:=Range("J58:J68"), _
    SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("EOL3").Sort
    .SetRange Range("I58:J68")
    .Header = xlGuess
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With

```

```

Sheets("EOL3").Select
Folha7.Range("N58:O63").Select

```

```
ActiveWorkbook.Worksheets("EOL3").Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("EOL3").Sort.SortFields.Add key:=Range("O58:O63"), _
    SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("EOL3").Sort
    .SetRange Range("N58:O63")
    .Header = xlGuess
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With
```